

DAS WALDGLAS-PROJEKT

Präventive Maßnahmen der Fundbergung und Fundversorgung an archäologischen Gläsern der mittelalterlichen Glashütte Bodenfelde

Alexandra Jeberien und Olga Emgrund

ARCHÄOLOGISCHER KONTEXT, BEFUNDE UND FUNDE

Der Flecken Bodenfelde, im südwestlichen Niedersachsen zwischen Weserbergland, Solling und Reinhardswald gelegen, zählt zum Landkreis Northeim. Die Region zeichnet sich seit jeher durch starken Waldbestand aus und diente, begünstigt durch ideale Rohstoffvorkommen und eine vorteilhafte infrastrukturelle Lage, über Jahrhunderte der Produktion von Glas¹. Die Gegend um Bodenfelde wird seit Jahrzehnten hinsichtlich historischer Glasproduktionsstätten prospektiert,² doch erst seit dem Jahr 2012 werden systematische archäologische Ausgrabungen durchgeführt.³ Die Grabungskampagnen auf der Fundstelle *Kreckgrund I* (Bo5) der Jahre 2012–2015 lieferten konkrete Befunde und zahlreiche Funde einer spätmittelalterlichen Glashütte. Diese wird anhand einer Bremer Silbermünze in das zweite Viertel des 15. Jahrhunderts datiert⁴ und weist diverse Ofenstrukturen, Indizien für eine Werkhalle, sowie größere Abwurfhalden auf.⁵ Das bei den Untersuchungen geborgene Fundmaterial ist entsprechend divers und umfasst neben metallenen Werkzeug zur Glasherstellung (Abb. 1) auch Objekte, die die ältere Besiedelung des Areals belegen. Neben Resten von Ofenkonstruktionen und Glashäfen (Abb. 2) wurden vor allem unzählige Produktionsreste – meist Flachgläser und Glastropfen – in allen Farben und Erhaltungszuständen geborgen (Abb. 3–4). Speziell die sehr unterschiedlich korrodierten Flachgläser dienen im Waldglas-Projekt als Proben- und Forschungsmaterial.

PROJEKT UND ZIELE

Ziel des von der DBU geförderten Projektes war es, einen umfassenden Einblick zum infra-



1 Röntgenaufnahme Glasmacherwerkzeuge und Armbrustbolzen 70kV_2mA_0,01 s.

2 Fragment eines Glashäfens.



strukturellen Aufbau sowie Erhaltungszustand einer spätmittelalterlichen vorindustriellen Glashütte zu erhalten. Die Projektidee stammt von Prof. Dr. Hans-Georg Stephan, Professor (jetzt Emeritus) für Archäologie des Mittelal-

1 Stephan 2008, 125.

2 Henne 2002; 2005.

3 Stephan 2014, 337.

4 Ebd., 344.

5 Ebd., 324 f.



3 Glastropfen aus dem Herstellungsprozess.

4 Unterschiedlich erhaltene Flach- und Hohlglasscherben.



ters und der Neuzeit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, der die archäologischen Untersuchungen durchführte. Mit eigenen Fragestellungen beteiligten sich die Universität Bamberg, Lehrstuhl für Konservierungswissenschaften, Prof. Dr. Rainer Drewello, dem die bodenkundlichen Untersuchungen zum Ausmaß der Umweltbelastungen auf Funde und Befunde oblag, sowie die Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang Konservierung und Restaurierung/Grabungstechnik, Prof. Dr. Alexandra Jeberien, die zusammen mit der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Dipl. Rest. Olga Emgrund die Fundbergung und eine nachhaltige Fundversorgung erforschte. In Interaktion aus diesen drei Teams wurden einerseits die Strukturen der historischen Glasproduktion, zum anderen die Einflussgrößen, die zum Erhalt der archäologischen Informationen – speziell der Gläser – beitragen, untersucht.

PROBLEMSTELLUNG UND FORSCHUNGSSTAND: BERGUNG UND ERHALTUNGSZUSTÄNDE ARCHÄOLOGISCHER GLÄSER

Alkalireiche Gläser des Mittelalters sind aufgrund ihrer Zusammensetzung extremen Abbauprozessen während der Bodenlagerung ausgesetzt, so dass sie oftmals in einem stark korrodierten und äußerst fragilen Erhaltungszustand vorliegen. Daher stellen diese Gläser hohe Anforderungen an die archäologische Feldarbeit, die Grabungstechnik, sowie an Restaurierung und Konservierungswissenschaft.

Speziell die Bergung korrodiierter Gläser erfordert besonderes Know-how und eine nachhaltige Planung der Arbeitsabläufe. Zahlreiche Beispiele weisen bereits darauf hin, dass durch eine unsachgemäße Bergung sowie inadäquate bzw. ausbleibende Fundversorgung – meist sind Nassreinigungsmaßnahmen und schnelle, unkontrollierte Trocknungsvorgänge involviert – die Funde eine irreversible Schädigung erfahren. Dies führt zu erheblichem Mehraufwand und erhöhten Anforderungen der konservatorischen Maßnahmen, im schlimmsten Fall erfolgt ein irreversibler Substanz- und somit Informationsverlust.

Die Abbauprozesse an historischen Gläsern werden seit langem erforscht,⁶ jedoch waren konservatorische Erhaltungsmaßnahmen und Möglichkeiten der Prävention bisher kaum Gegenstand dieser Forschungen. Die wenigen Projekte, die sich mit dem Schutz und Erhalt beschäftigen, fokussieren auf Glasmalereien aus der Baudenkmalpflege,⁷ während eine nur sehr kleinere Forschergruppe sich mit archäologischen Gläsern und den erforderlichen konservatorischen Maßnahmen zu deren Erhaltung beschäftigt.⁸

Eine akute Gefährdung archäologischer Gläser durch fehlende oder inadäquate Fundversorgung sowie die Tatsache, dass grundlegende Erhaltungsmaßnahmen ab dem Moment der Bergung erforderlich sind, wurde bereits von den entsprechenden Fachdisziplinen erkannt. Daher finden sich Hinweise zur Fundbergung und -versorgung in zahlreichen Grabungsrichtlinien der Landesdenkmalämter sowie in den übergreifenden Empfehlungen des Verbandes Deutscher Landesarchäologen. Leider sind diese Richtlinien nicht einheitlich formuliert und geben kaum Hinweise auf die praktische Durchführung der erforderlichen Maßnahmen. Ähnlich uneinheitlich und unpräzise stellt sich die vorliegende Literatur zur Fundbergung und Behandlung archäologischer Gläser dar. Mit Ausnahme eines Werkes

6 Geilmann 1956; Cox/Ford 1993; Sterpenich 1998; Schalm/Anaf 2015.

7 Mueller et al. 1997; Brinkmann/Wittstadt 2013.

8 Roemich et al. 2004.

aus dem Jahr 2014 sind die wissenschaftlichen Publikationen stark veraltet.⁹

ARBEITSPAKETE UND DURCHFÜHRUNG

Die benannten Defizite aufgreifend, wurden die Arbeitspakete der HTW Berlin im Rahmen des Projekts wie folgt formuliert:

a) Erhebung aktueller und Best-Practice-Methoden der Bergung und Versorgung von Glasfunden auf archäologischen Ausgrabungen.

b) Optimierung bisher zum Einsatz gelangender Materialien und Hilfsmittel für die Bergung und Versorgung von Glasfunden (laut Best Practice).

c) Zusammenstellung und Ergänzung innovativer Equipments der Glasbergung bzw. Fundversorgung; Evaluation im Zuge der Grabung Bodenfelde.

d) Untersuchung geborgener Glasobjekte auf deren Korrosions- und Trocknungsverhalten; Erprobung von Möglichkeiten der konservatorischen Behandlung.

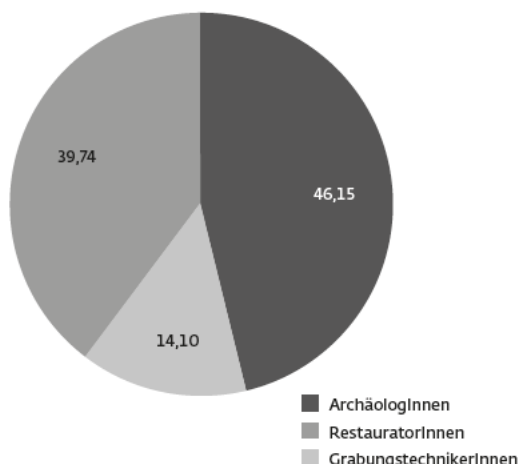
e) Gegenüberstellung bzw. Abgleich der 2012–2014 herkömmlich geborgenen Gläser (Reinigung und unkontrollierte Trocknung auf der Grabung) mit den im Jahr 2015 mittels optimierter Verfahren geborgenen Funden.

f) Nachweis einer deutlichen Verbesserung des Erhaltungszustands der Gläser der Kampagne 2015 sowie eines geringeren konservatorischen Aufwands.

Umfrage zu Methoden der Bergung und Fundversorgung für archäologische Gläser

Zur Erhebung aktueller und Best-Practice-Methoden der Bergung und Versorgung von Glasfunden auf archäologischen Ausgrabungen sowie aktueller Maßnahmen der Erhaltung wurde eine Befragung unter Fachkolleginnen und -kollegen durchgeführt, die regelmäßig mit der Bergung und Versorgung mittelalterlicher Gläser konfrontiert sind. Die angeschriebenen 492 Adressaten gehören zum Berufsfeld der Archäologie, Grabungstechnik und Konservierung-Restaurierung und sind im deutsch-, englisch- und französischsprachigen Raum, hier jeweils in Regionen mit erhöhtem Glasfundaufkommen, tätig. An der Umfrage beteiligten sich 157 Personen,¹⁰ die sich in 73 ArchäologInnen, 22 GrabungstechnikerInnen und 62 RestauratorInnen untergliedern (Diagramm 1).

Diagramm 1 Verteilung der Professionen der 157 TeilnehmerInnen (in %).



Die Umfrage bestand aus 15 zumeist geschlossen formulierten Themenbereichen, die mittels anzukreuzender Vorgaben erfasst wurden. Nur wenige Fragen wurden offen formuliert und forderten zu eigenen Eingaben auf. Diese Eingrenzung der Optionen begründet sich in einem geringeren Arbeitsaufwand und einer somit antizipierten höheren Beteiligung.

Zunächst wurden die bildgebenden Dokumentationsverfahren erfasst. Die sich anschließenden Fragen zur ausführenden Person der Bergung sowie zum Anlass und der Art geben Aufschluss über den organisatorischen Ablauf vieler Grabungen. Demnach erfolgt die Bergung von Glasfunden in den meisten Fällen durch die Entnahme einzelner Scherben, seltener mit umgebendem Sediment. Im Block werden Funde hingegen nur geborgen, sofern ein Fundzusammenhang der Fragmente besteht oder es sich um fragile, stark korrodierte Gläser in komplexen Befunden handelt (Diagramme 2–3).

Des Weiteren wurden durchzuführende Erstmaßnahmen und die Verpackungsoptionen, insbesondere bezüglich fragiler Funde, erschlossen. Abschließend sollten die TeilnehmerInnen ein Ranking der unterschiedlichen Faktoren nach Relevanz vornehmen. Das Ranking (Diagramm 4) verdeutlicht, dass die Dokumentation der Funde sowie eine stabile, das Objekt vor Korrosion schützende Verpackung priorisiert werden. Es folgen die Faktoren Mitarbeiterschulung (für die Glasbergung) und Maßnahmen, die den konservatorischen Aufwand reduzieren. Weniger relevant erscheint den TeilnehmerInnen, dass die Bergung zeitaufwändig und kostenintensiv sein

⁹ Dowman 1970; Sease 1994; Brinch Madsen 1994; Watkinson/Neal 2001; Pedeli/Pulga 2014.

¹⁰ Der Rücklauf von 157 Antwortbögen entspricht einer Umfragebeteiligung von 31,9 %. Hierbei wurden

130 deutschsprachige Einsendungen, 21 englische und sechs französischsprachige Antwortbögen eingesandt.

Diagramm 2 Angaben zur Art der Bergung (Methode) fragiler Glasfunde.

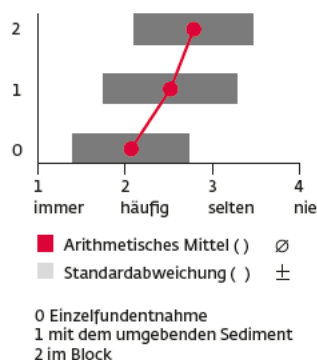
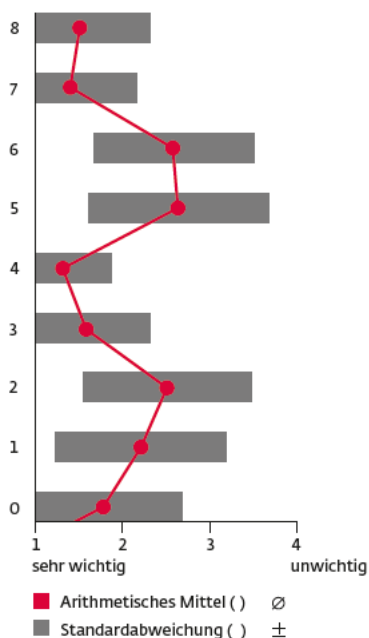


Diagramm 4 Relevanzeinschätzung verschiedener Faktoren bezüglich Bergung und Versorgung der Glasfunde (in %, Mehrfachnennungen möglich).



könnte. Diese Ergebnisse widerlegen deutlich die häufig argumentierten Gründe eines knappen Budgets und/oder Personalmangels für das Ausbleiben adäquater Fundbergung und -versorgung.

Die abschließende Selbsteinschätzung der TeilnehmerInnen (Diagramm 5) zur Qualität der durchgeführten Fundversorgungen ergibt, dass diese zu einem Drittel mit sehr gut bis gut bewertet werden. Ein weiteres Drittel schätzt die Maßnahmen als zufriedenstellend ein, wäh-

Diagramm 3 Angaben zum Anlass von Blockbergungen für fragile Glasfunde in Teilnehmer (in %)

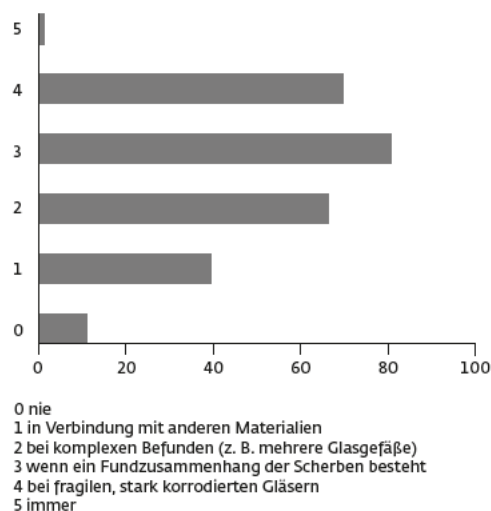
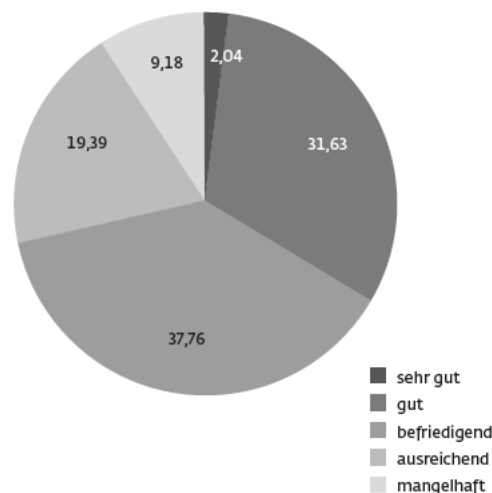


Diagramm 5 Qualitätseinschätzung zu erfolgten Bergungs- und Versorgungsmaßnahmen (in %).



rend das letzte Drittel angibt, nur eine ausreichend bis mangelhafte Fundversorgung vornehmen zu können.

Sowohl die Angaben zur Notwendigkeit einer Mitarbeiterschulung, als auch die zu großen Teilen als nur befriedigend bzw. ausreichend empfundene Ausführung der Fundversorgung liefern Hinweise für einen bestehenden Bedarf weiterführender Informationen rund um das Thema Glasbergung und Fundversorgung. Dieser Informationslücke wird zukünftig durch einen Leitfaden zur Bergung, Erstversorgung und Konservierung archäologischer Gläser begegnet.

Evaluation des innovativen Equipments im Zuge der Grabung Bodenfunde

Den Ergebnissen der Erhebung und der Zielsetzung des Projektes folgend, wurde das bis-

her zum Einsatz gelangende Material und die Hilfsmittel für die Bergung und Versorgung von Glasfunden erweitert und optimiert sowie im Zuge der Grabungskampagne 2015 in Bodenfelde getestet.¹¹

Erhaltungszustand der Gläser zum Zeitpunkt der Bergung

Der Fundplatz der mittelalterlichen Glashütte Bodenfelde liegt auf einem Abhang, dessen unterer Rand von einem Bach begrenzt wird. Die Fläche wird landwirtschaftlich als Weideland genutzt und ist heutzutage frei von Bäumen und Sträuchern. Dies fördert einerseits die Erosion des Oberbodens, andererseits den immerwährenden Wechsel der Bodenfeuchte in den oberen Schichten. Die Strukturen der Glashütte und das Fundmaterial liegen lediglich zehn bis zwanzig Zentimeter unter der Grasnarbe und befinden sich somit in einer Zone ständig wechselnder Bodenmilieus.

Die Messung der Bodenfeuchte auf der Grabungsfläche und unmittelbar an den Glasfunden bestätigten die oben beschriebene Situation. In Abhängigkeit von der Wetterlage, d.h. der Exposition der Fläche in direkter Sonneneinstrahlung oder durch eindringenden Niederschlag, weist der Boden sehr unterschiedliche Feuchtegehalte auf. Bereits an diesem Punkt könnten erste präventive Schutzmaßnahmen getroffen werden: Schutz vor unnötigem Wassereintrag in die freigelegten Fundschichten bzw. die Vermeidung des Austrocknens der Schnitte durch Schutzbauten oder Planen.

Die hohe Niederschlagsmenge der Region verstärkt die Korrosivität des Bodens bezüglich archäologischer Glasfunde. Die für das Glas ungünstigen Bodenparameter zeichnen sich am Erhaltungszustand der Scherben deutlich ab. Die Mehrheit der Funde ist stark bis vollständig korrodiert, und nur wenige gut erhaltene Gläser liegen vor. Das Spektrum der Erhaltungszustände der Gläser bietet jedoch eine gute Grundlage für die Untersuchungen und Fragestellungen des Projekts.

Verschiedene Bergungsmethoden für unterschiedliche Fundsituationen

Die Erforschung und Ausgrabung der Glashütte Bodenfelde begann bereits im Jahr 2012. Die während der Grabungskampagnen 2012 und 2013 geborgenen Glasfunde wurden direkt aus den Befunden entnommen, gewaschen, getrocknet und im Verbund zahlreicher Glasfragmente in Fundtüten oder Kartonagen verpackt. Dieses Vorgehen stellt die „konventionelle“ Methode der Glasbergung und Fundversorgung dar, vor allem, wenn es sich um Massenfunde handelt. Während mehrheitlich auch im Jahr 2014 nach dieser Methode vorgegangen wurde, blieben einige wenige Scherben ungerettet. Sie wurden ebenfalls unkontrolliert getrocknet und im Verbund in PE-Tüten verpackt. Diese Glasfunde stehen im Rahmen des Projekts für analytische Untersuchungen und zur Erprobung von Möglichkeiten der konservatorischen Behandlung zur Verfügung.

Für die Glasfunde der Grabungskampagne 2015 kam ein auf die Projektfragen ausgerichteter Anforderungskatalog zur Anwendung:

- a) die Gläser sind milieuerhaltend zu bergen,
- b) die nach der Bergung einsetzende beschleunigte Korrosion ist zu minimieren,
- c) die Bodenparameter sind während der Lagerung und bis zur Bearbeitung der Gläser aufrecht zu erhalten.

Die Maßnahmen erfolgten nach den Anforderungen b) und c) dieses Kataloges, mussten jedoch vor Ort an die Gegebenheiten der Fundsituation und die Erhaltungszustände der Gläser angepasst werden. Letztlich wurden diverse Bergungsmethoden durchgeführt und diese im Laufe der Untersuchungen in Hinblick auf die oben formulierten Anforderungen bewertet.

Die durchgeführten Bergungsmethoden umfassen:

1. Blockbergungen: Eine Blockbergung gilt als ideale Möglichkeit, Gläser unter Erhaltung der Fundsituation zu bergen und bis zur Bearbeitung objektgerecht zu lagern. Eine fachgerechte Durchführung und Lagerung einer Blockbergung gewährleistet die bestmögliche Erhaltung von Glasfunden und ihrer Informationsgehalte.

Da es sich bei den Glasfunden aus Bodenfelde um Produktionsreste handelt, die über die gesamte Grabungsfläche verstreut oder mit dem Abraum der Glasöfen vermengt waren, sind Blockbergungen in dieser Situation nicht praktikabel. Ein Scherbenensemble konnte exemplarisch im Block geborgen werden. Der aktuelle Erhaltungszustand dieser Scherben, die aufgrund ihrer Fragilität in der konventionellen Bergung einen hohen Informationsverlust verzeichnet hätten, bestätigt die Methode der Blockbergung.

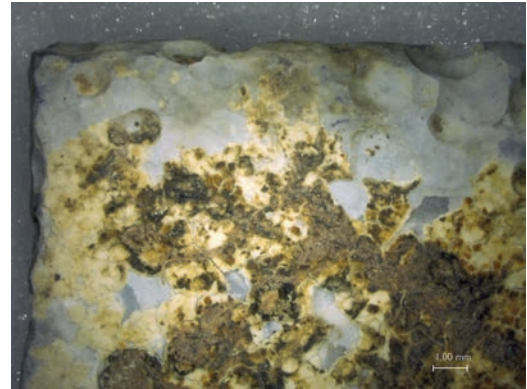
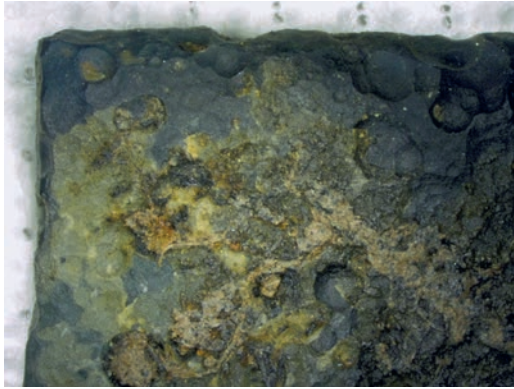
2. „Mini-Blockbergungen“: Diese Bergungsmethode eignet sich besonders für einzelne Scherben, die in feuchten Böden lagern. Das feuchte Sediment haftet gut am Fundmaterial und bleibt als kleiner, kompakter Block bestehen. Vorsichtig unterhalb der Sockelung mit

¹¹ Zum Equipment der Verpackung gehörten inerte Materialien wie PE-Fundbeutel, PE-Vlies (Tyvek®), PP Klipp-Boxen und PET/PE Folie (ESCAL). Für die Lagerung und den Transport dienten Museumskartona-

gen und Euronorm Boxen, die mittels PE-Schaummaterial und Silikagel klimastabilisiert wurden. Die kontrollierte Trocknung des Fundmaterials nach Bearbeitung erfolgte in einer Acrylglas-Box.

5 Detail einer blauen Glasscherbe im noch feuchten Bergungszustand.

6 Identisches Oberflächendetail der blauen Scherbe mit stark veränderter Oberfläche, die nach lediglich 60 Sekunden unkontrollierter Lufttrocknung stark geschädigt vorliegt.



einem Blech oder im Falle kleiner Scherben mit der Kelle abgehoben und dicht in eine PE-Folie eingewickelt, bleibt das Fundmaterial feucht und ist gleichzeitig durch das Sediment vor Oberflächenverlust geschützt.

In trockenen Böden gestaltet sich die Mini-Blockbergung einzelner Funde schwieriger, ist jedoch umso notwendiger, da trockenes, korrodiertes Glas häufig sehr fragil ist. Das in der Gelschicht eingelagerte Wasser wird nach der Freilegung sofort an die Luft abgegeben, sodass die Gelschicht beschleunigt austrocknet und abblättert. Wichtig im Zuge der Mini-Blockbergung ist, die Scherben nicht vollständig freizulegen, sondern das Bodenmilieu möglichst zu erhalten, d.h. den kleinen Block mit dem umgebenden Sediment und durch Umwicklung mit PE-Folie zu sichern. Das Sediment schützt vor Wasserverlust, sodass die Oberfläche des Glases nicht verloren geht.

3. Einzelfundbergungen: Oftmals werden Funde beim Abtragen des Planums bereits aus dem Boden gelöst (im Fall Bodenfelde lagerten einige Scherben bereits im Abraum). Eine Bergung der Gläser als „Mini-Block“ war entsprechend obsolet. Um die Scherben vor Trocknungsschäden zu schützen, wurden diese in je ein PE-Fundtütchen verpackt. Der Beschädigung von Glasobjekten durch Abrieb kann nur begegnet werden, sofern jeder Fund separat in Fundtütchen verpackt wird. Lösen sich dennoch Fragmente, können diese zumindest der entsprechenden Scherbe zugeordnet werden.

Die Einzelfundbergung von Gläsern aus der Fundstelle birgt bei korrodierten Scherben ein hohes Risiko. Während der Freilegung trocknet die Gelschicht innerhalb weniger Minuten soweit aus, dass sie instabil wird und sich vom Glas löst (Abb. 5–6). Oftmals bleibt während der Einzelfundbergung die unten liegende Gelschicht des Glases im Befund haften. Aufgrund der Verbräunung ist diese kaum vom Sediment zu unterscheiden und wird nicht re-

appliziert. Damit geht dem Objekt die gesamte originale Oberfläche verloren.

Unabhängig von der Bergungsmethode besteht die Anforderung, den bodenfeuchten Bergungszustand des Glases während der Lagerung und bis zur konservatorischen Bearbeitung zu erhalten. Hierbei sind im Besonderen folgende Aspekte zu beachten:

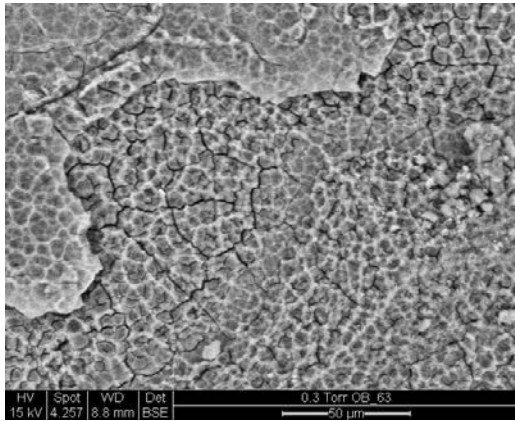
a) Das feuchte Sediment neigt schnell zu Schimmelbildung. Aus diesem Grund müssen Glasfunde möglichst sauerstoffarm und gekühlt (bei ca. 5°C) gelagert werden¹². Eine dicht anliegende Umwicklung der Blockbergung bzw. Verpackung hilft, den Eintritt von Luftsauerstoff ins Sediment und an das Objekt zu reduzieren. Auch in PE-Fundbeuteln sollte möglichst wenig Luftvolumen eingeschlossen werden. Eine weitere Option stellen mit Sauerstoffabsorbieren konditionierte Verpackungen in geprüften, diffusionsdichten Folien dar. Diese lassen sich auf der Grabung jedoch nicht ohne Aufwand realisieren.

b) Konventionelle Fundbeutel weisen eine geringe Diffusionsdichte auf und halten die darin befindlichen Objekte daher nur kurzzeitig feucht. Die in Fundtütchen verpackten Glasscherben und „Mini-Blöcke“ müssen daher in dicht schließende Behälter mit entsprechend eingestellten Werten der relativen Luftfeuchtigkeit eingelagert werden. Hierfür wurden im Waldglas-Projekt mit PE-Schaumstoff gepolsterte Euronorm-Boxen verwendet. Werden die Funde wie in a) gefordert in der Kühlung gelagert, müssen die Feuchtigkeitsbedingungen weiterhin kontrolliert werden.

c) Um das Austrocknen der im Block geborgenen Funde zu verhindern, wurden diese in PET-Folie (Escal) verpackt. Die enthaltene Luft wurde mittels einer Pumpe aus der Verpackung entzogen, diese mit einem stabilen Clip verschlossen und später verschweißt.

d) Glasobjekte können im feuchten Zustand nicht langfristig gelagert werden. Die Korrosion des Glases schreitet wenn auch langsam,

¹² Die feuchten Glasfunde dürfen nicht eingefroren werden, da die Kristallbildung des gefrorenen Wassers zur Zerstörung des korrodierten Glases führt.



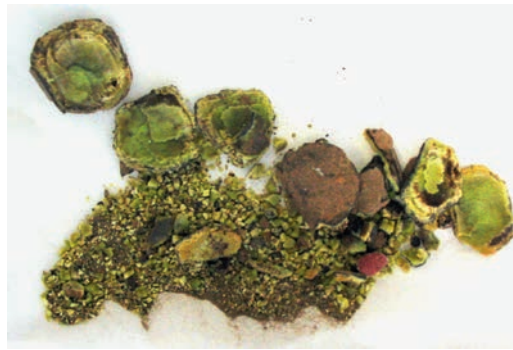
so doch stetig voran, da die enthaltene Feuchtigkeit den Kernbereich des Glases weiterhin erreicht und mit diesem in Reaktion tritt. Feucht geborgene Glasobjekte müssen zeitnah konservatorisch bearbeitet werden.

Die beschriebenen Maßnahmen a) – d) wurden im Waldglas-Projekt erprobt und bewertet. Sie sind mit einem geringen Mehraufwand verbunden und bedürfen einer der Bergung vorhergehenden Planung bzw. Abstimmung mit dem zuständigen Bodendenkmalamt, welches die bodenfeuchten Funde annehmen und zeitnah versorgen muss. Die Ergebnisse des Waldglas-Projektes, bei dem konventionell geborgene Gläser mit denen der mittels innovativer Versorgungsmaßnahmen geborgenen verglichen wurden, sprechen jedoch deutlich für den leichten Mehraufwand aus gezielt eingesetzten Bergungsmethoden, präzise konzipierten Verpackungsmaterialien sowie optimierten, kurzen Lagerungszeiten.

Untersuchung der Gläser und Bewertung der Maßnahmen der Fundbergung und -versorgung

Zur Bewertung der Bergungs- und Versorgungsmaßnahmen wurde eine Auswahl repräsentativer Glasfunde aus Bodenfelde mittels Licht- und Elektronenmikroskop untersucht sowie die vorliegenden Erhaltungszustände in einem Korrosionsbildkatalog zusammengefasst. Anschließend wurden die Korrosionsphänomene mit Hilfe der instrumentellen Analytik (EDX, RFA und LA-ICP-MS) definiert. Anhand der Untersuchungsergebnisse konnte der Erhaltungsgrad der Gläser kategorisiert werden.

Die konventionell geborgenen, bereits auf der Grabung gewaschenen Gläser aus den Jahren 2012–2013 weisen einen hohen Substanzverlust auf. Kaum eine Scherbe verfügt noch über eine originale Oberfläche. Die nur fragmentarisch vorhandene Gelschicht übt keine schützende Wirkung auf das Kernglas mehr aus, da die Partien stark zerklüftet sind (Abb. 7) und eher hygroskopisch agieren. In vielen Fäl-



- 7 REM-Aufnahme der Oberfläche einer auf der Grabung gewaschenen und getrockneten Scherbe.
- 8 Stark fragmentiertes und zusammenhangsloses Glasobjekt nach unkontrollierter Trocknung.
- 9 Unkontrolliert getrocknete Glasscherbe mit fest auf der verbräunten Glasoberfläche anhaftenden Sedimenten.

len liegt nur noch das Kernglas der Scherben vor. Komplette durchkorrodierte Glasobjekte sind hingegen so stark fragmentiert, dass der Objektzusammenhang verloren ist (Abb. 8).

Die ungereinigten, unkontrolliert getrockneten Scherben der Grabungskampagne 2014 sind speziell im Übergangsbereich von Gelschicht-Glasmatrix sehr instabil. Das aufgetrocknete Sediment weist eine deutlich höhere Oberflächenhaftung auf als die Bindung zwischen Gelschicht und Kernglas, was zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Reinigung führt. Dennoch liegt an diesen Probegläsern die Oberfläche meist noch vor, die Objekte sind jedoch aufgrund der unkontrollierten Trocknung ebenfalls stark fragmentiert. Die Trocknung der Scherben ist irreversibel, die Gelschicht kann durch erneute Befeuchtung nicht wieder stabilisiert werden, sondern wird durch Weitung der Risse beim Eindringen der Feuchtigkeit zusätzlich geschädigt.

Während der konservatorische Aufwand bei den gewaschenen, oberflächenlosen Scherben der Kampagnen 2012–2013 überschaubar ist, erfordern die ungereinigten, unkontrolliert getrockneten Scherben der Grabungskampagne 2014 einen hohen konservatorischen Mehraufwand (Abb. 9).

Die milieuerhaltend geborgenen Gläser der Grabung 2015 weisen einen deutlich besseren Erhaltungszustand und höhere Stabilität auf als vergleichbare Gläser der anderen Kampagnen



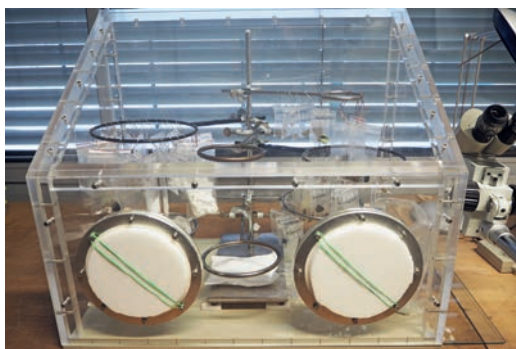
feuchten Wattestäbchen möglich war. Nach der kontrollierten Trocknung können die instabilen Bereiche der Gläser besser beurteilt und gezielt konsolidiert werden. Die Trocknung erfolgte in einer dichten Acrylglas-Box, in die die Glasscherben in PE-Fundbeutel hängend eingebracht und bis zu einer Restfeuchte von 45 % langsam getrocknet wurden (Abb. 11).

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Mittelalterliche Holzasche-Gläser liegen oftmals in stark abgebautem Erhaltungszustand vor und erfordern besondere Methoden der Fundbergung und Fundbehandlung. Leider wird die Fundversorgung selten in die Grabungsabläufe und -organisation eingebunden. Eine Erstbehandlung ist jedoch für den langfristigen Erhalt von Glasfunden unerlässlich – bleibt diese aus, folgen irreversible Schäden oder ein kompletter Objekt- und Informationsverlust. Im Waldglas-Projekt wurden innovative Methoden der Fundbergung und nachhaltige Maßnahmen der Fundsicherung und -konservierung am Beispiel fragiler mittelalterlicher Gläser erforscht und erprobt. Die Ergebnisse des Projekts fließen in einen Leitfaden zur verbesserten Fundbergung und Fundversorgung archäologischer Glasfunde ein.

10 Milieuerhaltend geborgenes Glas nach der Reinigung und kontrollierten Trocknung.

11 Kontrollierte Trocknung gereinigter Glasobjekte in einer dichten Acrylglas-Box.



(Abb. 10). Die noch feuchte Gelschicht haftet aufgrund der Adhäsionskräfte des Wassers stabil am Kernglas. Die Reinigung dieser Gläser konnte schneller und sehr schonend erfolgen, da sich das Sediment leichter von der Oberfläche löste und eine Nachreinigung mit einem

LITERATUR

BRINCH MADSEN 1994

H. Brinch Madsen, Handbook of Field Conservation (Kopenhagen 1994).

BRINKMANN/WITTSTADT 2013

U. Brinkmann/K. Wittstadt, Anwendungen innovativer Restaurierungsmaterialien und -methoden zur Sicherung craquelierter Glasmalereien. Modellhafte Anwendung an Glasfenstern des Kölner Domes (Weltkulturerbe). Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (AZ 24583-45). Dombauhütte Köln, Fraunhofer ISC-Außenstelle Bronnbach (o. O. 2013).

COX/FORD 1993

G. A. Cox/B. A. Ford, The Long-term Corrosion of Glass by Groundwater. Journ. Materials Science 28, 1993, 5637–5647.

DOWMAN 1970

E. A. Dowman, Conservation in Field Archaeology (London 1970).

GEILMANN 1956

W. Geilmann, Beiträge zur Kenntnis alter Gläser IV. Die Zersetzung der Gläser im Boden. Glastechn. Ber. 29, 4, 1956, 145–219.

HENNE 2002

R. Henne, Standorte mittelalterlicher Waldglashütten im Bramwald und im Uslar nahen Solling. Sollinger Heimatblätter 4, 2002, 8–18.

HENNE 2005

R. Henne, Standorte mittelalterlicher Waldglashütten im Hochsolling und im Raum Bodenfelde (Teil II). Sollinger Heimatblätter 1, 2005, 14–25.

MUELLER ET AL. 1997

W. Mueller/T. Manfred/D. Kruschke/K. Adam, Sicherung, Konservierung und Restaurierung historischer Glasmalereien. Forschungsbericht Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin 217 (Bremerhaven 1997).

PEDELI/PULGA 2014

C. Pedeli/S. Pulga, Conservation Practices on Archaeological Excavations: Principles and Methods (Los Angeles 2014)

RÖMICH ET AL. 2004

H. Römic/S. Gerlach/P. Mottner, Erarbeitung von modellhaften Aufbewahrungsbedingungen und Restaurierungsmethoden für stark umweltgefährdete archäologische Gläser national bedeutender Sammlungen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben AZ 15851-45, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Fraunhofer Institut für Silicatiforschung Würzburg (o. O. 2004).

SCHALM/ANAF 2015

O. Schalm/W. Anaf, Density Variations of Silica Nanoparticle Random Packing as Explanation for the Observed Lamellae. In: G. Eggert/A. Fischer (Bearb.), Glass Deterioration Colloquium- Extended Abstracts (Stuttgart 2015) 53–55.

SEASE 1994

C. Sease, A Conservation Manual for the Field Archaeologist. In: Cotsen Institute of Archaeology Press (Hrsg.) Archaeological research tools 4 (Los Angeles 1994).

STEPHAN 2008

H.-G. Stephan, Glasmacherei im Solling – Neue fächerübergreifende archäologische Forschungen. Die Glashütte am Lakenborn. H. Flachenecker/G. Himmelsbach/P. Step-puhn (Hrsg.), Glashüttenlandschaft Europa. Beiträge zum 3. Internationalen Glassymposium in Heigenbrücken/Spessart (Regensburg 2008) 125–131.

STEPHAN 2014

H.-G. Stephan, Archäologische Ausgrabungen und Forschungen an einer Waldglashütte des 15. Jahrhunderts bei Bodenfelde am Solling. Göttinger Jahrb. 62, 2014, 337–352.

STEPHAN 2015

H.-G. Stephan, Die archäologischen Untersuchungen des Jahres 2014 im Bereich der spätmittelalterlichen Glashütte bei Bodenfelde-Polier. Göttinger Jahrb. 63, 2015, 323–329.

STERPENICH 1998

J. Sterpenich, Altération des Vitraux Médiévaux. Contribution à l'Etude du Comportement à Long Terme des Verres de Confinement (Nancy 1998).

WATKINSON/NEAL 2001

D. Watkinson/V. Neal, First Aid for Finds (London 2001).

BILDNACHWEIS

Abb. 1–2 Stephan Puille, HTW Berlin. – Abb. 2 Claudia Schaller, Universität Halle-Wittenberg. – Abb. 4–16: Olga Emgrund/Marina Gerhards, HTW Berlin.

ANSCHRIFTEN DER AUTORINNEN

Prof. Dr. Alexandra Jeberien
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Berlin
Wilhelminenhofstraße 75a
12459 Berlin
jeberien@htw-berlin.de

Dipl. Restauratorin Olga Emgrund


olgae@gmx.de

ZUSAMMENFASSUNG

Das Waldglas-Projekt hatte die Erforschung der historischen Glasherstellung im Weserbergland zum Ziel und setzte sich daneben mit innovativen Bergungsmethoden und nachhaltigen Maßnahmen der Fundversorgung für hochfragile Glasobjekte auseinander. Im Zuge des Projektes konnten die vorliegenden Korrosionsphänomene der Funde erfasst und definiert werden, sodass archäologische Gläser zukünftig präziser angesprochen werden können. Durch den Einsatz und die Evaluierung innovativen Grabungsequipments in Kombination mit unterschiedlichen Bergungsmethoden wurde, gestützt durch optische Methoden und instrumentelle Analytik, eine deutliche Verbesserung des Erhaltungszustandes und somit der Lesbarkeit an den mit erweiterten

Methoden geborgenen Funden nachgewiesen. Das Waldglas-Projekt lief 2018 aus, die Publikation eines *Leitfadens zur verbesserten Bergung, Fundversorgung und Verpackung archäologischer Glasfunde* steht für das Jahr 2022 an.

ABSTRACT

The purpose of the project Waldglas was the investigation of historical glass production in the Weser Uplands and, at the same time, addressing innovative salvage methods and sustainable means of preservation in highly fragile glass objects. The corrosion phenomena of known finds were catalogued and defined within the framework of the project, to ensure that archaeological glass may be treated with more precision in the

future. Through the use and evaluation of modern excavation equipment, combined with different means of salvage and supported by optical methods and instrumental analysis, the project contributed to a considerable enhancement of the state of preservation for glass finds. This then allowed for the interpretation of the finds salvaged using the improved methods. Although the project Waldglas ended in 2018, the publication of *Guidelines for enhanced salvage, treatment, and transportation methods of archaeological glass finds* is scheduled for 2022.