

Summary

Archaeomagnetic dating is a scientific method of identifying the age of vitrified features preserved in situ. Using this method, the glassworks in Altenbeken-Füllenberg and Altenbeken-Dübelsnacken were dated in 2009. Archaeologically, the two sites were dated to the period between around 1100 and the beginning of the last third of the 12th century. The archaeomagnetic dating not only confirmed the archaeological dates but also proved that the Füllenberg glassworks was not in operation until approximately 50 years after the Dübelsnacken glassworks.

Samenvatting

Een natuurwetenschappelijke methode voor de bepaling van de ouderdom van in situ bewaard gebleven, verbrande vondsten is het archeomagnetisch onderzoek, met behulp waarvan de glasblazerijen Altenbeken-Füllenberg en Altenbeken-Dübelsnacken gedateerd konden worden. Deze archeologische datering plaatste het begin van de beide vindplaatsen

rond 1100, tot in het laatste kwart van de 12e eeuw. Het archeomagnetisch onderzoek bevestigde niet alleen de datering, maar toonde tevens aan dat de glasblazerij van Füllenberg ongeveer 50 jaar jonger is dan die van Dübelsnacken.

Literatur

Ronald A. Fisher, Dispersion on a sphere. Proceedings of the Royal Society of London, Series A-127, 1953, 295–305. – **Joseph L. Kirschvink**, The least squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 62, 1980, 699–718. – **Phillip L. McFadden/Frank J. Lowes**, The discrimination of mean directions drawn from Fisher distributions. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 67, 1981, 19–33. – **Elisabeth Schnepf/Philippe Lanos**, Archaeomagnetic secular variation in Germany during the past 2500 years. Geophysical Journal International 163, 2005, 479–490. – **Elisabeth Schnepf**, Archäomagnetische Datierung in Deutschland und Österreich. Archäologisches Korrespondenzblatt 37, 2007, 313–320. – **Elisabeth Schnepf**, Archäomagnetische Datierung der Glasöfen auf der Grabung am Dübelsnacken bei Altenbeken, Kreis Paderborn. In: Rudolf Bergmann, Studien zur Glasproduktion seit dem 12. Jahrhundert im östlichen Westfalen (Münster 2008) 113–118.

Die Holzasche-Kalk-Blei-Gläser der Hütte am Füllenberg bei Altenbeken-Buke

Kreis Paderborn, Regierungsbezirk Detmold

Karl Hans Wedepohl,
Rudolf Bergmann,
Andreas Kronz

Bereits 2007 wurde die Glashütte am Füllenberg bei Altenbeken-Buke vermessen, die Befunde mithilfe der Geoprospektion lokalisiert und anschließend 2008/2009 archäologisch untersucht. Zutage traten ein Werk- bzw. Arbeitsofen und eine kombinierte Ofenanlage aus einem Streck- und zwei Köhlöfen. Die Glashütte zeigt eine ähnliche Anordnung der Öfen wie die Hütte am benachbarten Dübelsnacken (Abb. 1). Die gefundenen Gläser wurden 2009 chemisch analysiert.

Die Hütte am Füllenberg produzierte nahezu ausschließlich farbiges Flachglas, das für die bauliche Ausstattung von Kirchen verwendet worden sein dürfte. Mithilfe der chemischen Untersuchung von Füllenberg-Gläsern konnte erkannt werden, dass die hochmittelalterliche Glasherstellung im südöstlichen Westfalen in drei Arbeitsschritten von Fritte über Rohglas zum Fertigglass erfolgte. So-

mit liegt hier nicht nur ein besonders früher Nachweis für die Produktion von Holzasche-Kalk-Blei-Glas vor, sondern es konnte mit der Zwischenstufe auch erstmals die Komplexität des Herstellungsprozesses aufgezeigt werden.

Die Schmelzhäfen der Füllenberg-Hütte besitzen im Mittel ein Fassungsvermögen von ca. 3,5l (Abb. 2). Sie unterscheiden sich durch einen etwas größeren Durchmesser der Planböden (Mittelwert um 12,8 cm) und durch die tendenziell weniger stark ausladende Form (Abb. 3) von denjenigen der Hütte am Dübelsnacken, für die eine gemittelte Kapazität von 4,1l berechnet werden konnte. Die Häfen dürften wie bei der Dübelsnacken-Hütte in die Öffnungen eines Zwischengewölbes des Arbeitsofens eingesetzt gewesen sein.

Im archäologischen Befund gleichen sich die Öfen beider Hütten bis in die Details der

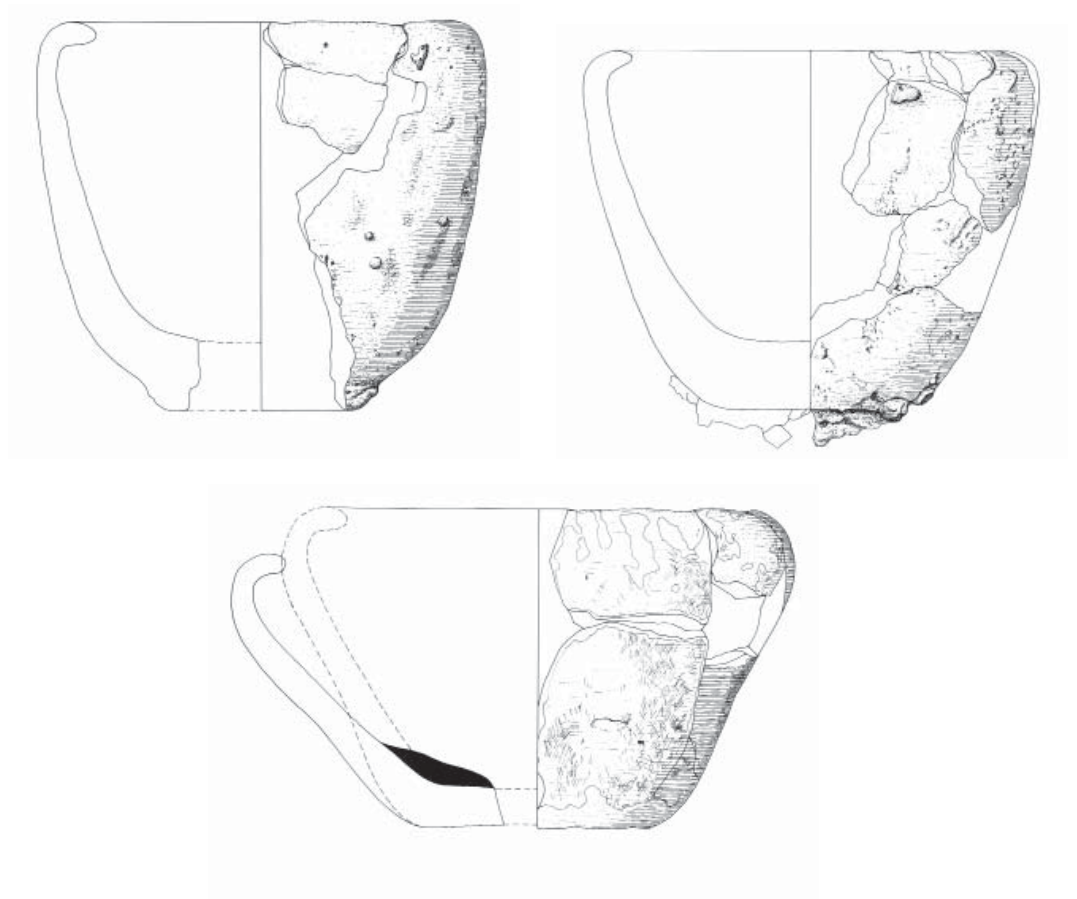
Abb. 1 Modell der Glashütte Dübelsnacken bei Altenbeken. Entwurf: LWL-Archäologie für Westfalen/R. Bergmann; Modellbau: J. Smedley (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/S. Brentführer).



Abmessungen. Bei der Füllenberg-Hütte fehlen allerdings die kreissegmentförmigen Arbeitsplattformen auf den Längsseiten des Arbeitsofens. Nachzuweisen waren Spuren einer ausgedehnten hölzernen Plattform südwestlich des Arbeitsofens, die nicht unmittelbar an den Ofen heranreichte. Zudem konnten die Pfostensetzungen eines Gebäudes erkannt werden, das ehemals die Öfen überspannte, jedoch erwies sich die Grabungsfläche als zu klein, um den gesamten Gebäudegrundriss zu rekonstruieren.

An beiden Hüttenstandorten wurden in der Umgebung der Arbeitsofens Frittestücke als Vorprodukte der Glasschmelze aufgefunden. Als Fritte werden schwarzbraune Proben des aufgeschmolzenen Ansatzes aus Holz- asche und Quarz bezeichnet. Sie weisen eine ausgeprägte erdigbraune oder weiße Verwitterungskruste auf, die bei korrosionsanfälliger kaliumoxidreichen (K_2O) Glas durch Feuchtigkeit während der Bodenlagerung entsteht. Aus der Analyse des Fritteglases und der modalen Wollastonitanteile wurde eine

Abb. 2 Mit einer durchschnittlichen Kapazität von 3,5l besitzen die Glashäfen ein relativ geringes Fassungsvermögen, M 1:4 (Zeichnung: LWL-Archäologie für Westfalen/R. Bergmann).



recht einheitliche Zusammensetzung der Fritte berechnet. An Rissen hat die Fritte durch die Verwitterung Kalium verloren, was bei der Berechnung der Zusammensetzung berücksichtigt werden muss.

In einem ersten Schritt der mehrstufigen Glasproduktion wurde aus der Reaktion von Kalk aus der Holzasche mit Quarz und weiterhin von Kaliumkarbonat der Holzasche mit Quarz gasförmiges Kohlendioxid freigesetzt. Dabei bildeten sich kristalliner Wollastonit (CaSiO_3) und eine kalium- und calciumreiche Schmelze, die zu Glas erstarrte. Die vier mit der Mikrosonde chemisch analysierten Fritteproben vom Füllenberg (Abb. 6) enthielten neben dem glasförmigen Schmelzrückstand noch 6,5 % bis 25 % Wollastonit. Im Gegensatz zu den in Abbildung 4 aufgeführten Fertiggläsern mit 22 % Bleioxid (PbO) führt diese Fritte praktisch noch kein Blei, wenig NaCl (1 % statt 5 % Na_2O) und auch wenig Kupferoxid (0,25 % anstelle von im späteren Fertigglas analysierbarem 1,7 % CuO) als Farbstoff.

Rohgläser treten als unausgeformte Glasklumpen auf, oft blasenreich und heterogen im makroskopischen wie auch mikroskopischen Schnitt. Sie stellen eine chemisch uneinheitliche Probengruppe dar und sind durch die Zumischung von Quarz, Bleioxid, Natriumchlorid und einem Farbzusatz zur Fritte hergestellt worden. Diese wurden der Fritte in einem weiteren Schmelzvorgang zugefügt, wobei Quarz offenbar als Trägersubstanz diente (Zusatzmischungen Abb. 7). Fünf der acht untersuchten Füllenberg-Rohgläser (Abb. 5) enthielten noch etwas Wollastonit, der anzeigt, dass diese Proben noch nicht ganz aufgeschmolzen waren. Abbildung 7 zeigt, dass Fritte und Zusatzmischung wahrscheinlich zu gleichen Anteilen verarbeitet wurden. Alternativ lassen sich auch Zumischungen mit 44 % PbO und 45 % SiO_2 (Siliziumdioxid) oder 36 % PbO und 53 % SiO_2 berechnen (unterer Datenblock von Abb. 7). Eine gute Übereinstimmung in den meisten chemischen Elementen (innerhalb ihrer Standardabweichungen) besteht zwischen Glasansatz A + B2 und dem entsprechenden Rohglas. Eine deutliche Diskrepanz zwischen Glasansatz A + B2 und Fertigglas besteht bei dem CaO - (Calciumoxid-) und K_2O -Anteil. Die Fritten haben ein $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ -Verhältnis von fast 1,0, wohingegen die anderen Produkte der Hütten Füllenberg und Dübelsnacken ein $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ -Verhältnis von etwas über 1,0 besitzen.

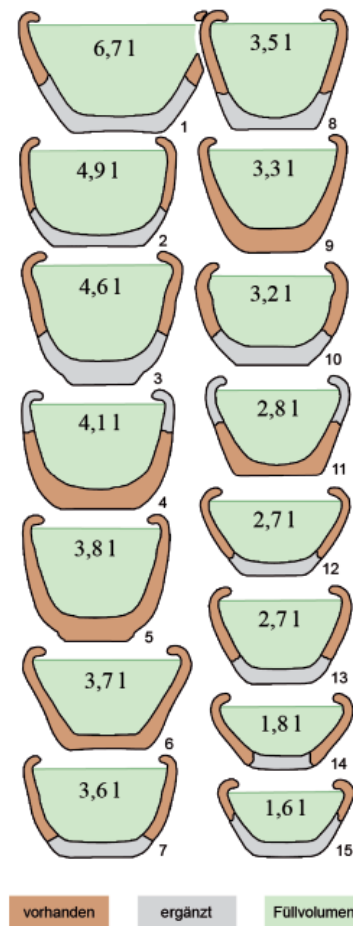


Abb. 3 Rekonstruierbare und vollständig erhaltene Glashäfen aus der Glashütte Füllenberg (Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/ G. Helmich).

In der Umgebung der Ofenreste am Füllenberg wurden bisher 470 Glasfragmente gefunden, die mehrheitlich Fertiggläser sind. Sie wurden nahezu ausschließlich durch den Zusatz von Metalloxiden gefärbt. Auf intensiv grünes (z. B. 26 B 8, 26 C 8) Glas entfallen 40 % der Funde, darunter auch Glasmassen mit braunroten (8 C 8) und »chrom«gelben (opak, 3 A 8) Schlieren. Für 16,8 % der Gläser lassen sich als Farbwert ein blaues Grün (25 A 8/B 8) und seltener Türkis (24 C 8) bestimmen. Tendenziell dem Weißglas zuzurechnen sind grünweiße, pastell- und blassgrüne (29 A 2, 29 A 4, 30 A 3) Fragmente, die mit einem Anteil von derzeit 11,4 % vertreten sind. Die Färbung der grünen Gläser ist durch die Zugabe von um 1 % bis 2 % Kupfer- und um 20 % Bleioxid zur Schmelze erzielt worden. Eine auffällige Gruppe bilden intensiv braun-, kardinal- und granatrote sowie rubinfarbene (9 D 8/C 8, 10 D 8, 11 E 8, 12 D 8) Flachgläser, deren Anteil am Fundmaterial 13,0 % beträgt. Deren Farbe ist nur an dünnen Bruchstellen zu erkennen; ansonsten ist der Scherben im Auflicht nahezu schwarz-opak. Wahrscheinlich handelt es sich um als nicht verwendungsfähig aussortier-

Probe	Typ	Farbe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO	CoO	CuO	PbO	CaO/ K ₂ O
Fül-7	Flachglas	tiefrot	53,84	0,07	0,61	0,67	0,40	1,43	8,76	4,86	7,84	0,58	0,09	0,78		0,09		0,74	18,44	1,12
Fül-8	Flachglas	tiefrot	53,70	0,06	0,59	0,69	0,41	1,41	8,69	4,88	7,79	0,56	0,07	0,79		0,09		0,75	18,45	1,12
Fül-9	Flachglas	tiefrot	53,44	0,05	0,61	0,69	0,39	1,39	8,86	4,78	7,81	0,57	0,06	0,78		0,16		0,76	18,46	1,13
Fül-10	Flachglas, wellig	braun	53,7	0,05	0,46	0,41	0,09	0,82	5,54	5,42	5,67	0,40	0,06	0,99		0,13		0,09	25,42	0,98
Fül-11	Flachglas, wellig	braun, zoniert	55,9	0,06	0,51	0,43	0,32	0,85	6,28	5,71	3,76	0,38	0,06	0,95		0,08	0,02	0,14	24,16	1,67
Fül-12	Flachglas	braun	53,8	0,06	0,45	0,39	0,10	0,81	5,57	5,44	5,70	0,42	0,08	0,97		0,11	0,03	0,08	25,54	0,98
Fül-13	Ring	grün	52,1	0,05	0,53	0,92	0,54	1,31	7,83	4,83	6,95	0,59	0,09	0,74		0,10		2,36	20,41	1,13
Fül-15	Flachglas, gefaltet	oliv, grün-braun	53,8	0,06	0,59	0,66	0,48	1,60	10,40	4,99	6,51	0,64		0,74		0,14		0,09	18,03	1,60
Fül-16-a	Produktionsrest	grün-gelb gestreift	57,3	0,06	0,61	0,73	0,62	1,17	6,79	5,14	6,03	0,56	0,06	0,49		0,09		3,79	16,40	1,13
Fül-16-b	Produktionsrest	grün-gelb gestreift	56,5	0,06	0,55	0,73	0,59	1,14	6,63	5,16	5,95	0,54	0,06	0,59		0,13		3,79	17,33	1,11
Fül-20	Flachglas, gestreift	grün-rot gestreift	50,9	0,07	0,47	0,53	0,19	0,76	5,24	5,75	2,79	0,34	0,06	1,26		0,11		1,99	29,24	1,88
Fül-21	Produktionsrest	hellgrün	52,1	0,06	0,47	0,47	0,10	0,78	5,42	5,33	5,87	0,39	0,06	0,99				0,99	26,36	0,92
Fül-22	Tafel, gefaltet	dunkelgrün	53,2	0,04	0,31	0,32	0,11	0,76	5,28	5,58	2,60	0,30	0,07	1,21				2,66	27,23	2,03
Fül-23	Hafenglas, massig	dunkelgrün	59,0	0,06	1,29	1,61	0,37	1,50	8,65	5,06	6,83	0,58	0,06	0,19		0,10		1,76	11,61	1,27
Fül-24	Bruchstück	dunkelgrün	52,9	0,05	0,29	0,28	0,13	0,76	5,19	5,60	2,63	0,29	0,09	1,22		0,07		2,80	27,16	1,97
Fül-25	Ring	tiefdunkelgrün	50,4	0,05	0,38	0,70	0,11	0,40	3,45	5,61	3,04	0,25		1,23		0,08	0,03	4,74	29,28	1,14
Fül-18	Flachglas	grün	43,3	0,04	0,36	0,29	0,09	0,20	2,31	6,13	1,35	0,18		1,60		0,08		2,55	42,15	1,71
Fül-26	Fremdglas (Ring)	blaugrün, korrodiert	62,6	0,06	0,54	0,67	0,08	0,27	1,83	7,57	13,07	0,12	0,07	1,01				3,17	8,58	0,14
Fül-27	Fremdglas	blassgrün	59,2	0,15	1,50	0,57	0,40	5,38	12,42	3,09	12,57	3,18	0,22	0,49	0,13	0,09		0,05		0,99
Fül-30	Fremdglas	tiefgrünrot	59,4	0,07	0,62	1,71	0,09	0,50	3,36	4,94	8,11	0,20		0,57				2,46	16,81	0,42
X ₁₆	Mittelwert, ohne Fül-18 und Fremdgläser		53,9	0,06	0,54	0,64	0,31	1,05	6,79	5,26	5,48	0,46	0,07	0,87		0,11		1,72	22,10	1,24
X ₁₁	Mittel (Holzasche-Kalk-Blei-Glas) Dübelsnacken		50,3	0,06	0,57	0,36	0,54	1,59	9,07	3,66	6,47	0,70		0,69		0,12		1,86	23,30	1,42

Abb. 4 Gehalte der verschiedenfarbigen Holzasche-Kalk-Blei-Gläser der Hütte Füllenberg an Haupt- und Nebenelementen in Gewichtsprozenten (Analysen: Geochemisches Institut der Georg-August-Universität Göttingen; Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/ B. Schulte-Linnemann).

te Schmelzchargen. Als roter Farbstoff diente in der Schmelze suspendiertes Kupferoxid (Cu₂O), das sich allerdings nur in der reduzierenden Atmosphäre des Schmelzofens bilden konnte. Im Fundkomplex untergeordnet vertreten sind weiterhin braune (5 C 5, 6 E 8/F 8, 7 D 6) Gläser mit einem Anteil von 3,4 %

wie auch graugelbe und seltener gelbgrüne (4 B 4, 30 B 8) mit einem Anteil von 5,3 %, neben 6,6 % opaken braun-schwarzen und 3,4 % rot-grauen Glasmassen. Die braunen Scheiben sind mit wenig Kupfer (0,08–0,13 % im reduzierenden Ofen) und Spuren von Kobalt (0,02–0,03 % CoO) gefärbt worden.

Probe	Typ	Farbe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO	CoO	CuO	PbO	CaO/ K ₂ O	% Wol- las- tonit
Fül-34	Roh- glas	rot- opak- matt	59,1	0,12	1,65	1,45	0,36	1,69	8,54	3,71	8,50	0,66	0,09	0,29		0,11		0,55	11,32	1,0	3
Fül-35	Roh- glas	grün- rot	56,3	0,07	1,11	0,75	0,27	1,58	13,10	2,73	12,79	0,74	0,16	0,22		0,08		1,09	7,50	1,0	8
Fül-36	Roh- glas	blau- grün- dunkel	52,6	0,07	1,05	0,80	0,19	1,27	10,03	3,36	9,78	0,57	0,11	0,46		0,09		3,94	14,26	1,0	7
Fül-37	Roh- glas	blau- grün- dunkel	51,9	0,06	0,83	0,71	0,20	1,21	11,25	3,26	10,87	0,57	0,14	0,49		0,11		3,24	14,38	1,0	9
Fül-40	Roh- glas	hell- grün- rot	54,5	0,10	1,29	2,18	0,38	1,53	7,89	4,06	6,39	0,63	0,06	0,61		0,10		0,72	17,86	1,23	0
Fül-42	Roh- glas	hell- grün- rot	60,0	0,11	1,39	1,12	0,48	1,78	11,44	1,54	11,16	0,66	0,05	0,15		0,13		1,05	7,64	1,0	8
Fül-43	Roh- glas	hell- grün- rot	49,8	0,05	0,44	0,75	0,18	0,90	5,36	5,20	3,47	0,34		1,11		0,14	0,03	2,02	29,53	1,54	0
Fül-44	Roh- glas	tief- grün	50,2	0,05	0,69	0,74	0,52	1,75	11,18	4,09	7,47	0,69	0,09	0,53	0,08	0,13		2,18	18,23	1,50	0
Mittel X ₈	Roh- glä- ser		54,3	0,08	1,06	1,06	0,32	1,46	9,85	3,50	8,80	0,61	0,10	0,48	0,08	0,11	0,03	1,85	15,09	1,12	

Probe	Typ	Farbe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO		CuO	PbO	CaO/ K ₂ O	% Wol- las- tonit
Fül-1	Frit- te	grün- violett	52,5	0,09	1,39	1,51	0,81	3,26	17,91	0,64	19,39	1,34	0,21	0,03	0,06	0,22		0,13	0,30	0,92	25
Fül-31	Frit- te	schwarz	51,6	0,06	0,63	0,53	0,78	2,89	19,16	1,12	19,47	1,07	0,25	0,05	0,11	0,17		0,38	0,97	0,98	16
Fül-32	Frit- te	schwarz	51,3	0,05	0,60	0,46	0,77	2,93	19,32	1,12	19,46	1,15	0,30	0,05	0,09	0,16		0,40	0,90	0,99	7
Fül-38	Frit- te	weiß- violett	52,8	0,05	0,54	0,27	1,27	2,71	18,14	1,39	18,25	1,08	0,29	0,05	0,12	0,24		0,09	1,31	0,99	18
Mittel X ₄			52,0	0,07	0,79	0,69	0,91	2,95	18,63	1,06	19,14	1,16	0,27	0,04	0,10	0,20		0,25	0,87	0,97	

Die Ergebnisse der chemischen Analysen von 20 Gläsern vom Füllenberg mit einer Elektronen-Mikrosonde sind in [Abbildung 4](#) aufgeführt. Diese Fertiggeläser stellen eine chemisch relativ einheitliche Gruppe dar, die überwiegend aus Scherben von Halbfertig- oder Fertigprodukten besteht, aber auch Hafenglas beinhaltet, sofern es chemisch mit den Scherben weitgehend übereinstimmt. Mehrere wichtige Feststellungen ergeben sich aus der Auswertung der Fertiggeläser sowohl der Dübelsnacken- als auch der Füllenberg-Hütte: Es handelt sich um Holz- asche-Kalk-Blei-Geläser. Im Gegensatz zu den im hohen Mittelalter nach dem Rezept des Theophilus gefertigten Holz- asche-Geläsern aus Buchenstammholz-Asche und Quarz (mit einem CaO/K₂O-Verhältnis von um 1,0) haben die untersuchten Gläser ein CaO/K₂O-Verhältnis von 1,24. Daraus folgt, dass beide Hüt-

ten Holz- asche als Flussmittel eingesetzt haben, die nicht ausschließlich aus Stammholz gewonnen wurde, sondern auch Buchen- äste und -zweige enthalten hat. Deren Zugabe diente der Einsparung von wertvollem Stammholz und der Fertigung von calciumreicherem Glas. Vergleichbares Holz- asche-Kalk-Glas konnte erstmals 1996 in den Produkten der um 1300 im Spessart tätigen Laudengrund-Hütte nachgewiesen werden. Dieser westfälische Raum (Eggegebirge) war der Glasentwicklung offenbar zeitlich voraus.

Ein Vergleich der Gläser in [Abbildung 4](#) mit den bereits publizierten Analysen der Fertiggeläser der Hütte Dübelsnacken (Bergmann/Wedepohl/Kronz 2008) zeigt, dass sich die Holz- asche-Kalk-Blei-Geläser vom Dübelsnacken und Füllenberg ähnlich sind. Der Glasansatz vom Dübelsnacken hatte einen höheren Ascheanteil. Der niedrige Ascheanteil am

Abb. 5 Gehalte des Holz- asche-Kalk-Blei-Rohglases der Hütte Füllenberg an Haupt- und Nebenelementen in Gewichtsprozenten im Vergleich mit verarbeitetem Glas. Die Proben Fül 33, 34a, 35 bis 37 und 42 sind in Bezug auf ihre Wollastonitgehalte korrigiert (Analysen: Geochemisches Institut der Georg-August-Universität Göttingen; Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/B. Schulte-Linnemann).

Abb. 6 Fritte – aus Glas und Wollastonit berechnet – der Hütte Füllenberg in Gewichtsprozenten (Analysen: Geochemisches Institut der Georg-August-Universität Göttingen; Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/B. Schulte-Linnemann).

Fritte			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO	CuO	PbO	CaO/ K ₂ O
Fritte (X ₄)			52,0	0,07	0,79	0,69	0,91	2,95	18,63	1,06	19,14	1,16	0,27	0,04	0,10	0,20	0,25	0,87	0,97
A	1/2 Fritte		26,0	0,03	0,39	0,35	0,45	1,47	9,32	0,53	9,57	0,58	0,13	0,02	0,05	0,10	0,13	0,43	
Zusatzmischungen			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO	CuO	PbO	CaO/ K ₂ O
	Zusatz- Mischung	Alter- native 1	45	*0,06	*0,76	*0,68	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	3	44	
B1	1/2 Zusatz- Mischung	Alter- native 1	22,5	*0,03	*0,38	*0,34	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	22	
	Zusatz- Mischung	Alter- native 2	53,0	*0,06	*0,76	*0,68	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	3	36	
B2	1/2 Zusatz- Mischung	Alter- native 2	26,5	*0,03	*0,38	*0,34	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	18	
Produktionsschmelze			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	SrO	BaO	CuO	PbO	CaO/ K ₂ O
	Glasansatz A + B 1 (Alternative 1)		48,5	0,06	0,77	0,69	0,45	1,47	*9,32	4,53	9,57	0,58	0,13	0,02	0,05	0,10	1,63	22,4	1,0
	Glasansatz A + B 2 (Alternative 2)		52,5	0,06	0,77	0,69	0,45	1,47	*9,32	4,53	9,57	0,58	0,13	0,02	0,05	0,10	1,63	18,4	1,0
	Fertiggläser-Füllen- berg (X ₁₆)		53,9	0,06	0,54	0,64	0,31	1,05	6,79	5,26	5,48	0,46	0,07	0,87		0,11	1,72	22,1	1,24
	Rohgläser-Füllen- berg (X ₈)		54,3	0,08	1,06	1,06	0,32	1,46	9,85	3,50	8,80	0,61	0,10	0,48	0,08	0,11	1,85	15,1	1,12

Abb. 7 Die Produktions-
schmelze Füllenberg wurde
aus 50% Fritte und 50%
Zusatzmischung (SiO₂ +
PbO + Na₂O aus NaCl)
+ CuO aus Alternative 1
und 2 hergestellt. Die
Alternative 1 beruht auf
hohem PbO-Anteil in den
Fertiggläsern Füllenberg
und die Alternative 2 auf
niedrigerem PbO-Anteil
im Rohglas Füllenberg. * =
TiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃ aus
dem Sandanteil der Fritte
extrapoliert auf den Sand-
anteil der Zusatzmischun-
gen; * = zu hoch durch
nicht ausgeglichenes CaO/
K₂O-Verhältnis der Fritte
(Analysen: Geochemisches
Institut der Georg-August-
Universität Göttingen;
Grafik: LWL-Archäologie
für Westfalen/B. Schulte-
Linnemann).

Füllenberg wurde durch mehr Quarz und Kochsalz ergänzt. Ein Vergleich mit hochmittelalterlichem Holz-Asche-Blei-Glas von nicht weit entfernten Fundorten wie Corvey, Brunshausen und Grünenplan zeigt dort niedrigere SiO₂- und NaCl-Gehalte, die durch höhere Ascheanteile kompensiert werden. Der höhere Quarzzusatz zum Glas aus dem Eggegebirge führt zu härterem, weniger verwitterungsempfindlichem Glas, das allerdings bei höheren Temperaturen erschmolzen werden musste. Um die Schmelztemperatur dennoch relativ niedrig zu halten, wurde dem Glasansatz ein Anteil von um 20% Bleioxid zugegeben. Vergleicht man die hier untersuchten Gläser mit solchen aus Höxter, Brunshausen, Corvey, Grünenplan und dem Bramwald, sind Magnesiumoxid (MgO) und Phosphorpentoxid (P₂O₅) teilweise mit deutlich höheren Anteilen als in den Gläsern des Eggegebirges vertreten. Daraus folgt, dass Magnesium und Phosphor offenbar Elemente sind, die standortspezifisch und in Abhängigkeit vom Bodensubstrat im Holz angereichert werden.

Als Fremdgläser wurden drei Fertiggläser (Fül 18, 26, 27) ausgesondert, die in den Gehalten an SiO₂, MgO, CaO, K₂O und P₂O₅ erheblich vom Mittel der Füllenberg-Gläser abweichen. Wahrscheinlich handelt es sich bei

ihnen um Material, das recycelt worden ist.

Für die im Verlauf der Ausgrabung geborgene Haushaltskeramik, überwiegend uneinheitlich gebrannte Kugelpfkeramik, besteht aus archäologischer Sicht ein Datierungsspielraum vom ausgehenden 11. Jahrhundert bis ca. 1170. Von der Hafenerkeramik deutlich unterscheidbar, ist sie beim Prozess der Glasherstellung verwendet worden. Hinweise auf die weitere Einengung der Datierung der Füllenberg-Hütte ergeben sich aus der archäomagnetischen Datierung der Glasöfen (s. Beitrag S. 203).

Summary

The excavation carried out at the Füllenberg glassworks located on a ridge in the Egge Mountains near Paderborn provided further archaeological evidence of high-medieval glass production in Westphalia. Chemical analyses revealed that the manufacture of the Füllenberg glass from wood ash, lime and lead involved three operational steps from frit to raw glass to the finished product. The flat glass produced was probably used for glazing church windows and was often an intense shade of green.

Samenvatting

Met de op een bergkam van het Eggegebirge te opgegraven glasblazerij Füllenberg, in de omgeving van Paderborn, is er opnieuw archeologisch bewijs voor middeleeuwse glasfabricage in Westfalen gevonden. Chemisch onderzoek toonde aan dat de fabricage van het uit houtas, kalk en lood bestaande glas op de Füllenberg in drie stappen plaats vond. Van glasmassa, via het ruwe glas naar het eindproduct. Het geproduceerde, vaak diepgroen gekleurde glas, werd waarschijnlijk voor kerkramen gebruikt.

Literatuur

Hans Georg Stephan/Karl Hans Wedepohl/Gerald Hartmann, Die Gläser der hochmittelalterlichen Waldglashütte Steimcke. Chemische und formenkundliche Analysen. Berichte über Grabungsergebnisse, Teil II. Zeitschrift für die Archäologie des Mittelalters 20, 1992, 89–123. – **Karl Hans Wedepohl**, Glas in Antike und Mittelalter. Geschichte eines Werkstoffs (Stuttgart 2003). – **Rudolf Bergmann/Karl Hans Wedepohl/Andreas Kronz**, Die Glashütte des 12. Jahrhunderts am Dübelsnacken bei Altenbeken, Kreis Paderborn. In: Rudolf Bergmann, Studien zur Glasproduktion seit dem 12. Jahrhundert im östlichen Westfalen (Münster 2008) 67–111.

Begehbare Forschung: der mittelalterliche Hellweg als moderner Pilgerweg

Von Höxter nach Dortmund

Ulrike Spichal

Unter dem übergeordneten Thema der Wegforschung wird von der Altortumskommission für Westfalen seit 2002 das Projekt »Wege der Jakobspilger in Westfalen« betreut. Dies leitet die chronologisch rückschreitende Erforschung von mittelalterlichen bis hin zu ur- und frühgeschichtlichen Wegetrassen ein. Das Projekt beschäftigt sich in vier Abschnitten mit je einer von Pilgern benutzten Fernhandelsstraße. Die mittelalterliche Pilgerfahrt nach Santiago de Compostela hat besonders vom 12. bis zum 16. Jahrhundert Pilger auch aus Westfalen angezogen. Diese benutzten vor allem die großen Handelsstraßen und hinterließen dabei nicht nur selbst archäo-

logisch fassbare Spuren, z. B. in Form von in Gräbern nachgewiesenen Jakobsmuscheln (Abb. 1). Auch die auf Pilger ausgerichteten Einrichtungen wie Herbergen markieren den ehemaligen Verlauf der Routen. Ziele des Projekts sind die Rekonstruktion des historischen Wegeverlaufs, die Ausarbeitung eines Pilger- bzw. Wanderwegs, der sich möglichst nah an der ursprünglichen Trasse orientiert, sowie die Publikation eines begleitenden Führers, der neben Karten und Wegbeschreibung auch Informationen zur Geschichte des Weges sowie zu ausgewählten Kulturdenkmälern entlang der Strecke enthält.

Die Forschungen an der ersten Route zwischen Osnabrück und Wuppertal, die einer alten Fernstraße von Lübeck an den Rhein folgt, konnten im Frühjahr 2008 abgeschlossen werden. Im Anschluss wurde von 2008 bis 2009 eine der wichtigsten Ost-West-verlaufenden Landverbindungen Nordrhein-Westfalens erforscht: der alte Hellweg auf dem Teilstück zwischen Höxter und Bochum. In die Forschungen wurden interdisziplinär archäologische, historische, namenkundliche und geografische Quellen einbezogen (Abb. 2). Während die Wegrelikte z. B. in Form von Hohlwegen direkt die Existenz einer alten, aber meist nur schwer zu datierenden Trasse aufzeigen, ist die Erschließung des weiteren Verlaufs über indirekte Hinweise, sogenann-

Abb. 1 Gelochte Jakobsmuschel aus einem spätmittelalterlichen Pilgergrab in Soest (Foto: Stadtarchäologie Soest/C. Theopold).

