

**UNTERSUCHUNG SPÄTBRONZEZEITLICHER GLASPERLEN
AUS WEST-UNGARN**
**ANALYSIS OF LATE BRONZE AGE GLASS BEADS
FROM WESTERN HUNGARY**
**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI KÉSŐ BRONZKORI ÜVEGGYÖNGYÖK
VIZSGÁLATA**

GÁBOR ILON¹, ZSOLT KASZTOVSZKY²

¹H-9730 Kőszeg Várkör 18.

E-mail: ilon.gabor56@gmail.com

²MTA Energiatudományi Kutatóközpont; H-1121 Budapest Konkoly Thege út 29-33.

E-mail: kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu

Abstract

*The previous semi-quantitative analysis of the chemical composition of Late Bronze Age glass beads from various sites in the Bakony Hills identified these artefacts as made of soda-glass, comparable to alkaline glasses in Western Europe on the basis of their high potassium content. The beads represented the Late Tumulus–Early Urnfield culture (Bz C2–Ha A1) at the sites of Bakonyjákó (1988), Németszánya, and Ugod (1994). In the present paper glass beads from the same burials were subjected to Prompt-gamma neutron activation analysis (PGAA; **Figs. 1–2**) but beads from the tumulus at Jánosháza (Vas County) have also been included. Measurements were taken at the the Budapest Neutron Centre.*

It is noteworthy that the Na₂O (18.3 m/m% and 19.8 m/m%) and K₂O (2.8 m/m% and 3.3m/m%) contents of beads recovered in the Bakony Hills are similar to glass found in Mycene (Na₂O: 9.98–18.3 m/m%, K₂O: 1.20–3.58 m/m%). Henderson et. al studied Late Helladic IIIB-C from Elateia and Thebes whose Na₂O contents was also comparable (17.6–20.9 m/m%). That is, both the Na₂O and K₂O contents of the Bakony glass beads are similar to those from Egypt (K₂O: 0.6–2.64 m/m%; Na₂O: 16.74–18.3 m/m%) and Mesopotamia (K₂O: 1.42–4.42 m/m%; Na₂O: 14.17–18.38 m/m%). This means that as may have been expected, alkaline content in itself is insufficient in identifying the place of origins.

*PGAA measurements carried out on the Bakony glass beads and control samples showed that on the basis of their main components (Na₂O, K₂O, MgO) the Bakony beads are made of HMG glass, very similar to those found in Mycene. Trace elements (B, Cl) on the other hand show that they are unlikely to have originated from the same source as their Mycenean counterparts (**Fig. 3**). Theoretically it is possible that the raw material originated from different areas within the same geographical region. Meanwhile glass beads of Egyptian and Mesopotamian origins have been identified among finds from Denmark. Thus it is possible that such high status items imported to Mycene from the Eastern Mediterranean (e.g. Uluburun) strayed into transit areas such as the East Alpine Foreland along the Amber Route. They may also have ended up in the hands of the wealthy in this area as war booty or the spoils of robbery (**Fig. 5**).*

Kivonat

A Bakony-hegység lelőhelyeiről korábban vizsgált (1988: Bakonyjákó, 1994: Németszánya, Ugod) késő Halomsíros–korai Urnmező kori (Bz C2 – Ha A1) üveggöngyök félkvantitatív kémiai elemzése azt mutatta, hogy ezek olyan nátron-üvegek, amelyek magas kálium tartalmuk alapján a nyugat-európai kevert alkáli üvegekkel rokoníthatók.

*Jelenlegi, prompt-gamma aktivációs analízissel (PGAA) végzett vizsgálatunkkal ugyanezen temetkezések üveggöngyeit (**1–2. ábra**) céloztuk meg, de kiegészítettük a Vas megyei Jánosháza halomsírából származókkal. A mérések a Budapesti Neutron Centrumban készültek.*

A bakonyi üveggöngyök esetében figyelemre méltó, hogy azok Na_2O -tartalma (18,3 m/m% és 19,8 m/m%) és K_2O -tartalma (2,8 m/m% és 3,3 m/m%) összhangban van a mükénéi üvegek összetételével (9,98–18,3 m/m% Na_2O -tartalom, valamint 1,20–3,58 m/m% K_2O -tartalom), valamint a Henderson és munkatársai által mért elathei és thébai késő helladikus IIIB-C korú üvegek Na -tartalmával (17,6–20,9 m/m%). A bakonyi üvegeknek mind K_2O -mind Na_2O -tartalmuk, hasonló az egyiptomi (0,6–2,64 m/m% K_2O ; 16,74–18,3 m/m% Na_2O) és mezopotámiai (1,42–4,42 m/m% K_2O ; 14,17–18,38 m/m% Na_2O) üvegekhez. Tehát az alkáli tartalom önmagában nem elegendő a származási hely megállapításához, amint ez várható is volt.

A bakonyi és a kontroll üvegminták PGAA méréseiből következtetésként levonható, hogy a fő összetevők (Na_2O , K_2O , MgO) alapján a bakonyi üvegek a mükénéi üvegekhez nagyon hasonló összetételű HMG üvegek (3. ábra), ám a nyomelemek (B, Cl) adatai alapján nem valószínű, hogy az alapanyagaik származási helye megegyezne a mükénéiekével. Elméletileg azonban természetesen nem zárható ki az ugyanabból a földrajzi régióból, de azon belül egy másik területről is beszerezhető nyersanyag. Ugyanakkor, mivel a legújabb dániai üveggöngyök között kimutattak egyiptomi és mezopotámiai eredetűeket, nem elképzelhetetlen, hogy a Kelet-Mediterraneumból Mükénébe szállított (pl. Uluburun) státusszimbólum egy közbűlső „állomáson”, azaz az Alpok keleti előterében található Borostyánkő út közelében áthaladási sarkként, netán rablott szerzeményként tehetősebb családok birtokába került (5. ábra).

STICHWORTE: GLASPERLE, PGAA-UNTERSUCHUNG, SPÄTHÜGELGRÄBER–FRÜHURNENFELDERKULTUR, UNGARN, WESTLICHES TRANSDANUBIEN

KEYWORDS: GLASS BEAD, PGAA-ANALYSIS, LATE TUMULUS–EARLY URNFIELD CULTURE, HUNGARY, WESTERN TRANSDANUBIA

KULCSSZAVAK: ÜVEGGÖNGY, PGAA-VIZSGÁLAT, KÉSŐ HALOMSIROS–KORAI URNAMEZŐS KULTÚRA, MAGYARORSZÁG, NYUGAT-DUNÁNTÚL

Einführung

In der Geschichte der europäischen Glasindustrie werden die folgenden, verbreitetsten Glastypeen unterschieden: 1. mesopotamisches oder gemischt-alkalisches Glas, eine Mischung aus Sand und Asche salzverträglicher Pflanzen, 2. sog. römisches Grundglas aus Sand, Kalk und Natursoda, 3. gemischt-alkalisches Glas aus Sand, Kalk (?) und unbekannter Asche, bzw. 4. ab dem Mittelalter produziertes sog. Waldglas aus der Mischung von Sand, Holzasche und eventuell Kalk (Wedepohl 2000; Fórizs 2008). Die Zusammensetzung der verwendeten Pflanzenasche wird grundsätzlich durch das Genus der Pflanze und durch die chemische Zusammensetzung der zersetzten Gesteine (Henderson et al. 2010) bestimmt.

Die Forschung ist seit Jahrzehnten der einseitigen Meinung, dass das Ursprungsgebiet der Glasherstellung in Mesopotamien liegt (Oppenheimer 1973, Henderson et al. 2010). Fayenceperlen wurden ab dem 14. Jahrhundert v. Chr. hergestellt und das älteste Glasgefäß stammt aus dem 16. Jh. v. Chr. Glas ist im 15. Jh. v. Chr. bereits im Hofe der ägyptischen Pharaos besonders beliebt. (Rehren 2005; Henderson et al. 2010; Henderson 2013; Eder 2015). Die einzige, bis heute veröffentlichte bronzezeitliche Glashütte kennen wir aus dem östlichen Nildelta, aus Qantir (Rehren 2005). Durch Untersuchungen wurden bestätigt, dass bereits im 14. Jh. v. Chr. mit, für das Gebiet charakteristischem Kobalt (Co) ge-

färbtes Glas aus Ägypten nach Mesopotamien importiert wurde (Henderson et al. 2010).

Die sternförmigen, flachen blauen Glasperlen erscheinen auf dem Kontinent zuerst in Mykene in der frühmykenischen Zeit (Late Helladic IIA: cca. 1635/1600–1480/70 BC), und zwar als mesopotamische Importe für Glaseinlage der Ohringe mit Goldfolie. Der mesopotamische Ursprung wurde an einem athenischen Glas aus dem 15. Jh. v. Chr. bzw. an einem thebaischen Glas aus dem 13. Jh. v. Chr. bestätigt (Henderson et al. 2010). Die Glasobjekte des Schifffundes aus der Palastzeit von Uluburun weisen auf die oben genannten Exporteure hin. Es wurden hier 175, mit Kobalt und Kupfer gefärbte Glas-Rohstoffblöcke (Primärprodukt), ca. 10000 blaue und blaugüne Glasperlen, sowie mehrere Zehntausend Fayenceperlen (sekundäre Produkte) entdeckt (Pulak 2005; Eder 2015). Neulich wurde auch das mesopotamische Gebiet als primäres Herstellungszentrum der Gläser erwogen. Auf Grund der Sr und Nd Isotopenverhältnisse konnten aber die Unterschiede zwischen den mesopotamischen, ägyptischen und mykenischen Gläsern eindeutig erwiesen werden, und dass die Kenntnisse etwas später auf griechischem Festland erschienen (Henderson et al. 2010). Die von der Peloponnes-Halbinsel stammenden mykenischen Glasfunde wurden durch Zacharias und Mitarbeiter (Zacharias et al. 2013) untersucht, und 13 - mit einer Ausnahme - der 90 Glas-

proben waren Natron (Na)-Glas (9,98–18,3 m/m% Na₂O-Gehalt), wobei der K₂O-Gehalt zw. 1,20–3,58 m/m% variiert.

Die Untersuchung der europäischen spätbronzezeitlichen Glasfunde wurden weitgehend ab den 1950-ern durch Richard Pittioni angetrieben (Neuninger & Pittioni 1959). Unter den Arbeiten von Julian Henderson sollen hier die ab den 1980-ern durchgeführten Forschungen in der schweizerischen Hauterive–Champréveyres angesprochen werden. Er stellte fest, dass anhand der Zusammensetzung der Gläser ein Produktionszentrum auch in der norditalienischen Alpenregion herausgegliedert werden kann. Die ältesten, auf den Anfang der Spätbronzezeit (Bz C = 15. Jh. v. Chr.) datierbaren Funde sind die Fayencefunde aus der norditalienischen Frattesina (Henderson 1988, 1993, 2013) und Mariconda di Melara (Giulia-Mair 2005). Die neuere Untersuchung einiger, mit Kobalt gefärbten und wahren Glasgegenstände aus Frattesina (11–10. Jh. v. Chr.) aus dem Po-Tal bestätigte die Annahme (Angelini et al. 2004), dass hier gemischt-alkalisches Glas (Na₂O und K₂O) hergestellt wurde. Die Farbe wurde durch das Vorhandensein von Cu, Co, Fe und Mo bestimmt. Die neuere Forschung bestätigte also Hendersons Vermutung, dass LMHK-Glas¹ in der späten Bronzezeit nicht nur im östlichen Mittelmeerraum, sondern auch in Westeuropa vorhanden war. Es ist zu vermuten, dass sich das Glas als Innovation aus Norditalien durch die Pässe der Alpen ins Innere des Kontinents verbreitet hat. Eine mögliche Station der Verbreitung könnte die, im Hagnau am Bodensee freigelegte spätbronzezeitliche Glasschlacke bekräftigen, die für heimisches Produkt gehalten wurde. Anders ausgedrückt: *der Ursprung gleichaltiger Glasperlen aus dem Nahen Osten kann anhand Margarita Primas (2008) eindeutig nicht bestätigt werden*. Gleichzeitig ist es aber vorstellbar, dass das am Cap Gelydonya im 12. Jh. v. Chr. versunkene Schiff in Norditalien hergestelltes Glas nach Osten transportierte (Giulia-Mair 2005), dh. eine Art Glashandel war bereits vorhanden.

Ein imposantes Forschungsprojekt in Deutschland nahm vor, ca 3500 Glasperlen aus 300 Fundplätzen zu untersuchen (Mildner et al. 2012b). Ein wichtiges Ergebnis könnte die Frage der Herkunft (heimische Produktion oder Import?) entscheiden. Laut der ersten 180 Analysen können in dem 14–9. Jh. v. Chr. (Endphase der mittleren Bronzezeit, Spätbronzezeit, dh. die Späthügelgräberzeit und Urnenfelderzeit) drei Gruppen von Glasperlen unterschieden werden. Es sind die älteren HMG-Gläser (high Mg), die jüngeren LMHK-Gläser und die Gruppe mit hohem K- und geringem Na-Gehalt. Mildner und ihre Kollegen bestimmten die Spurenelemente des Glases mit einer Elektronenstrahl-Mikrosonde (EMPA) bzw. mit

einem Laser-Ablations-Massenspektrometer (LA-ICP-MS).

Die Konzentration von 34 Spurenelemente wurden gemessen, und zwar von dem leichtesten Li bis zum schwersten Bi. Anhand der Elementkonzentration, vor allem der Konzentration der Seltenerdmetalle, können bestimmte Fundgruppen herausgegliedert werden. Der Grund dafür sind Rohstoffe unterschiedlichem Ursprungs (Sand), bzw. die Spurenelementzusammensetzung der färbenden Bestandteilen (Co oder Cu) (Mildner et al. 2012a-b). Varberg und Kollegen stellten fest, dass die von ihnen untersuchten und aus den 14–12. Jahrhunderten stammenden Glasperlen auch anhand von ihrem Li und B-Gehalt gruppiert werden können. Mit dieser Methode konnten die Funde mit mesopotamischer oder ägyptischer Herkunft identifiziert werden (Varberg et al. 2015).

Die Glasfunde im spätbronzezeitlichen Europa können also in zwei Grundtypen eingeordnet werden: die Gruppe ders aus Pflanzenasche hergestellten Gläser bzw. die gemischt-alkalische Gruppe (Henderson 2013). Die aus unbekanntem Fundplätzen stammenden ungarischen Glasfund(e?), die früher analysiert und publiziert wurden, gehören zu den Na-Ca-Silikaten mit hohem Mg-Gehalt, also sind sie gemischt-alkalisches Glas. Dieser Glastyp war sowohl in Mesopotamien, als auch in Ägypten und in Westeuropa geschätzt (Henderson 1995²; Fórizs 2008). Die halbquantitative Untersuchung bzw. die Analyse der chemischen Zusammensetzung der aus der Bakony-Gegend (1988: Bakonyjácó, 1994: Némethánya, Ugod) stammenden Glasperlen der späten Hügelgräberzeit–frühen Urnenfelderzeit (Bz C2–Ha A1) ergab, dass es sich um Natronglas handelt, dessen K-Gehalt höher liegt als beim römischen Glas. Anhand des großen Kalium-Gehaltes können sie mit den westeuropäischen gemischt-alkalischen Gläsern verglichen werden (Varga 1992; Jankovits 1992; Ilon 1996, Abb. 28; Fórizs 2008).

Beschreibung der jüngst analysierten Glasperlen

Bakonyjácó–Malomoldal (Kom. Veszprém) III. Hügel (**Nr. 1.** in **Abb. 1**)

Ausgräber: Sándor Mithay, 1969. Die Funde befinden sich im Károly Esterházy Museum (im weiteren: EKM), Pépa. Aus den Gräbern 3., 4., und 10.³ liegen insgesamt 47 St. vollständige und fragmentarische Perlen vor. Sie tragen Brandspuren. (Unter den Bruchstücken befinden sich halbe und 1/5 Stücke, auch die vollständigen besitzen unterschiedliche Größe.) Deshalb wurde das Durchschnittsgewicht anhand von 10 Perlen (fragmentarische und vollständige, Gesamtgewicht: 2.18 g) gemessen, dessen Wert 0.218 g ergab. Durchmesser: 7–9 mm, Loch-

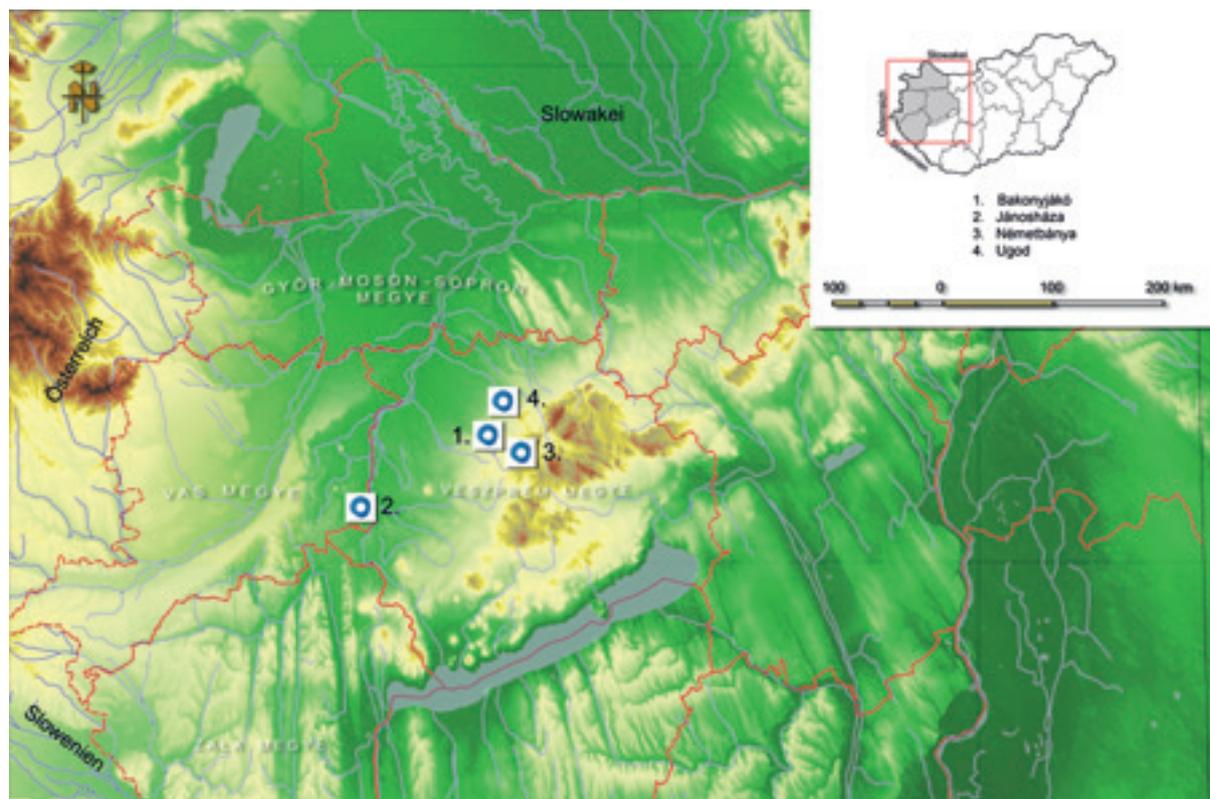


Abb. 1.: Fundplätze der untersuchten Gläser (Angefertigt von Gyula Isztin)

1. ábra: A vizsgált üvegyöngyök lelőhelye (Készítette: Isztin Gyula)

durchmesser: 2–4 mm, Farbe: blau. Von den 10 beschriebenen (Gewicht, Größe) Exemplaren, die für die Aufnahme abgesondert wurden, wurden 2 (Nr. 1. und 2.) für die Analyse ausgesucht. 1: dunkelblau, vollständig, Durchmesser: 8 mm, Lochdurchmesser: 4 mm. 2: hellblau. Unvollständig. Durchmesser: 7 mm, Lochdurchmesser: 3 mm. Inv. Nr. 79.6.31. (Nr. 1-2. in Abb. 2)

Jánosháza–Országúti dűlő (Kom. Vas), Hügelgrab (Nr. 2. in Abb. 1)

Ausgräberin: Mária Fekete, 1983. Die Funde befinden sich im Savaria Museum, Szombathely. Die Menge der Glasperlen aus dem 2. Grab wurde in der Publikation nicht erwähnt (Fekete 2004). Seit der Grabung müssen einige verschollen oder vernichtet worden sein, da sie erst neulich inventarisiert wurden. Die Farbe an der Bruchoberfläche ist gelbweiß, weißlich-grün, hellblau, grünlich und grün. Für die Analyse wurden zwei entnommen: 1: in einem Glasbehälter abgesondertes großes, vollständiges gelbweißes Exemplar mit der Inv. Nr. Ó. 2012.1.22. War mit einer anderen Perle verschmolzen. Gewicht: 0.79 g. Durchmesser: 10 mm, Lochdurchmesser: 4 mm. (Nr. 3-4. in Abb. 2), 2: Bruchstücke einer (?) Glasperle, Inv. Nr. Ó. 2012.1.23. Weiß, die muschelartige Bruchoberfläche ist grün-hellblau glänzend. Gewicht: 0.56 g. Durchmesser: 10 mm, Lochdurch-

messer: 4 mm. (Nr. 5-6 in Abb. 2) Die ausgewählten Exemplare können mit den Funden auf der Abbildung 8. in der Originalpublikation nicht mehr identifiziert werden.

3. Némethánya–Felsőerdei dűlő (Kom. Veszprém) III/4. Hügel (Nr. 3. in Abb. 1)

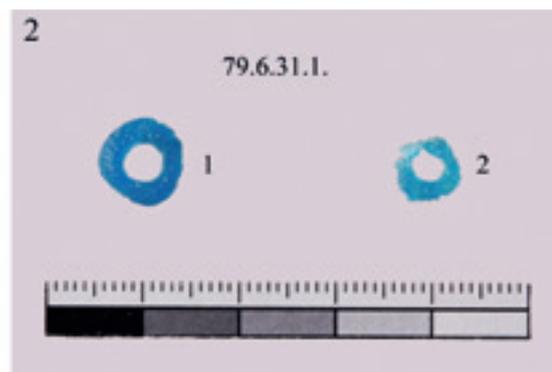
Ausgräber: Gábor Ilon, 1986. Die Funde befinden sich im: EKM, Pápa. Im Grab 3. wurde eine erwachsene Frau (Adult) beigesezt. Aus dem Grab entstammt eine Glasperle. Das Gewicht konnte nicht einmal mit einer digitalen Präzisionswaage gemessen werden, anhand der Messung von Bakonyjákó muss sie leichter als 0.2 g sein. Durchmesser: 5–6 mm, Lochdurchmesser: 3 mm. Farbe: blau. Inv. Nr. 87.62.28. (Nr. 7. in Abb. 2) wurde bereits 1994 analysiert (Siehe Ilon 1996. Bedauerlicherweise steht im Text zur Abbildung 28. falsch Ugod, wie auch bei Ilon 2014. Abb. 9!)

4. Ugod–Katonavágás (Kom. Veszprém) 1. Hügel (Nr. 4. in Abb. 1)

Ausgräber: Sándor Mithay, 1979. Die Funde befinden sich im: EKM, Pápa. Aus dem 2. Grab liegen einige Bruchstücke vor. Tragen Brandspuren (?). Zur Untersuchung wurden zwei Fragmente ausgewählt, sie sind ca. Zehntel ihrer ursprünglichen Größe. Das Gewicht konnte nicht gemessen werden.



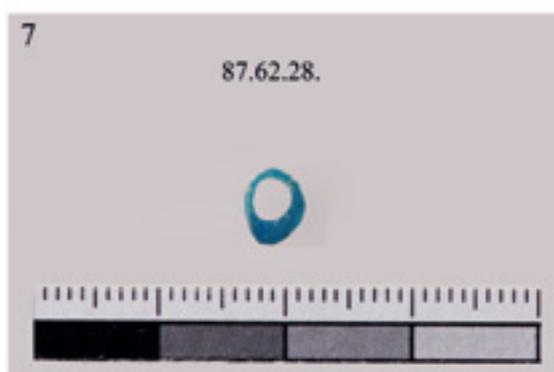
Bakonyjákó



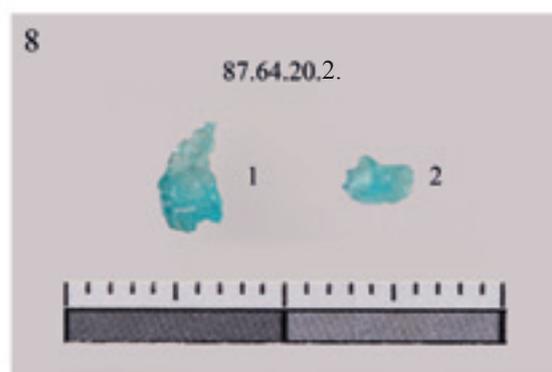
Jánosháza



Jánosháza



Németbánya



Ügöd

Abb. 2.: Die untersuchten Glasperlen (Foto von Tibor Takács)

2. ábra: A vizsgált üvegyöngyök (Fotó: Takács Tibor)

Größe der Fragmente: $5 \times 3 \times 3$ mm und $3 \times 3 \times 2$ mm. Farbe: blau. Befinden sich unter der selben Inv. Nr. 87.64.20.2. (Nr. 8. in Abb. 2). Das kleinere Fragment wurde 1994 bereits untersucht (Nr. 8.2. in Abb. 2: Siehe Ilon 1996. Bedauerlicherweise steht im Text zur Abbildung 28. falsch Némethbánya, wie auch bei Ilon 2014. Abb. 9!).

Die aus den Hügelgräbern stammenden Glasperlen können ins typologische System des schweizerischen V. Gessner eingeordnet werden, und zwar zu den einfachen Typen der Gruppe 1. a-b und Gruppe 2. a-b (Gessner 1947). Anhand der neueren Einordnung von R. S. Ingram (2005) gehören sie in die Kategorie der „kleinen“ Perlen. Im typologischen System von P. Bellintani (Bellintani&Stefan 2009) gehören sie zu den ringförmigen (1) Perlen der ersten, blauen Untergruppe (1). Aus den ca 3000 in Frattesina freigelegten Perlen wurden 2700 zu dieser Untergruppe werden zugewiesen. Die untersuchten Perlen waren mit Sicherheit gereinigt, eine chemische Reinigung kann nur im Falle der Funde aus Jánosháza bestätigt werden. Diese wurden mit Paraloid B72 konserviert. Es ist zu vermuten, dass dieses, in der heimischen Konservierungspraxis übliche Material auch bei den anderen Glasperlen angewandt wurde.

Die Prompte-Gamma Aktivierungs-Analyse (PGAA)

Im Oktober 2013 wurden im Nuklear-Analytischen Labor des Energieforschungszentrums der UAdW 7, aus der Bakony-Gegend stammende späthügelgräber-frühurnenfelderzeitliche (Bz C2–Ha A1) Glasperlen zerstörungsfrei untersucht. In unserer Studie werden die Ergebnisse dieser Analyse dargestellt.

Kurze Beschreibung der PGAA Methode

Die Prompte-Gamma-Aktivierungs-Analyse ist eine nuklear-analytische Methode zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung fester Proben. Gemessen wird die bei einem Neutroneneinfang emittierte γ -Strahlung. Wird das Probenmaterial mit thermischen Neutronen bestrahlt, werden die Atomkerne durch Neutroneneinfang angeregt und die frei werdende Bindungsenergie in Form von γ -Strahlung abgegeben. Dementsprechend spricht man von einer (n,γ) Reaktion. Die Energie der emittierten γ -Strahlung ist für den aktivierten Atomkern, ihre Intensität für Konzentration des entsprechenden Elementes im Probenmaterial charakteristisch. Da bei der Bestrahlung die Neutronen durch die gesamte Probe durchlaufen ist das Ergebnis für das gesamte Volumen der Probe bezeichnend. Im konkreten Fall der Untersuchung von Glas können mit dieser Methode allerdings nicht die Originalkomponenten des Glases von den Verwitterungsbestandteilen unterschieden werden. Die Methode ist für die quanti-

tative Bestimmung der Haupt- und Nebenelementen (H, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe) bzw. einiger Spurenelementen (B, Cl, Cd, Eu, Sm, Gd) von Gesteinen, Keramik und Glas geeignet. Die Nachweisgrenzen variieren mit Berücksichtigung auf den einzelnen chemischen Elementen in einem breiten Spektrum und sind von die Menge der Probe und der Messzeit abhängig.

Während der Messung wurden die Proben am Forschungsreaktor Budapest in einen vertikalen Neutronenstrahl gelegt und mit einem Neutronenfluss von $7.6 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ bei 140 K Temperatur bestrahlt. Gleichzeitig mit der Bestrahlung werden die emittierten prompten und verzögerten γ -Photonen mit dem HPGe-BGO Detektorsystem detektiert. Die Spektren werden mit einem 16k Vielkanalanalysator eingefangen, mit dem selbst erstellten Programm HYPERMET-PC 5.01 ausgewertet und die relevanten γ -Linien mit Hilfe unserer eigenen PGAA-Bibliothek bestimmt. Die quantitative Bestimmung der Elementzusammensetzung und die Fehlerspanne wurden mit dem selbst erstellten Software ProSpeRo 3.2.4 durchgeführt.

Das Verfahren ist zerstörungsfrei und bedarf keiner Vorbereitung der Probe. Die durch die Bestrahlung induzierte Radioaktivität ist gering und klingt rasch ab. Nach der Messung werden die Proben hinsichtlich ihrer Strahlungswerte kontrolliert. Die ausführliche Beschreibung der PGAA Einrichtung in Budapest bzw. der Methode ist veröffentlicht worden (Révay & Molnár 2003; Révay 2009; Szentmiklósi et al. 2010).

PGAA wurde erfolgreich zur Bestimmung der Zusammensetzung von mykenischen (16–13. Jahrhundert v. Chr.) gefärbten – meist blauen Glasperlen benutzt (Zacharias et al. 2013). Wir untersuchten byzantinische (um 530 n. Chr.), aus der Hagia Sophia stammende Glasmosaiken (Moropoulou et al. 2016), bzw. Fragmente spätmittelalterlicher und barocker (16–18. Jahrhundert) Kelche und Becher (Kasztovszky et al. 2005; Kasztovszky & Kunicki-Goldfinger 2008). Die PGAA Methode ist vor allem zur Bestimmung der chemischen Hauptelemente und einiger färbender Bestandteile (Co, Cu), bzw. zur quantitativen Bestimmung der auf die Herkunft hinweisenden Spurenelementen (B, Cl, Nd, Sm, Gd) geeignet. Die Zuverlässigkeit der Methode wird mit an internationalen Glasreferenzproben durchgeführten Messungen regelmäßig kontrolliert (Kasztovszky et al. 2005; Moropoulou et al. 2016).

Die Beschreibung der Messbedingungen

Die Glasperlen wurden am PGAA Messplatz im Budapester Forschungsreaktor mit einem

Tabelle 1.: Die Zusammensetzung der Gläser aus der Bakony-Gegend anhand der PGAA Messungen.**1. táblázat:** A vizsgált bakonyi üvegek összetétele PGAA mérések alapján.

	Nachweisgrenze	79.6.31.1.		79.6.31.2.		87.64.20.2.		84.64.20.2.		87.62.28.		Ö.2012.1.23.		Ö.2012.1.22.		Ö.2012.1.22.*	
		Bakony-jákó	Bakony-jákó	Bakony-jákó	Bakony-jákó	Ugod, (grösseres Fragment)	Ugod, (kleineres Fragment)	Németbánya	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	
El		Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %
H ₂ O	0.09	1.38	1.3	0.81	2.7	1.66	1.5	1.72	2.1	0.68	2.3	7.39	1.3	11.19	1.1	12.37	1.1
Na ₂ O	0.01	18.3	1.9	19.8	1.9	18.1	2.0	21.6	2.0	16.3	2.0	13.5	2.5	0.2	3.7	0.3	3.7
K ₂ O	0.1	2.8	2.8	3.3	2.9	2.6	2.3	2.5	3.6	3.3	1.9	2.5	2.0	0.1	3.4	0.1	3.4
MgO	1	3.8	7.	4.7	6.	3.6	8.	<Nachw.		4.3	7.	4.1	6.	<Nachw.		<Nachw.	
CaO	1	4.6	2.8	5.1	2.8	4.8	3.0	4.7	3.0	5.1	2.8	4.8	2.8	34.6	1.6	38.2	1.5
Al ₂ O ₃	0.5	7.4	5.	<Nachw.		7.3	7.	6.7	13.	11.4	4.	2.3	3.6	2.6	2.6	2.9	2.6
SiO ₂	0.1	57.5	1.0	62.5	0.9	59.0	1.1	59.6	1.3	53.9	1.1	61.7	0.9	36.4	1.4	40.2	1.3
P ₂ O ₅	1.5	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		9.5	5.	<Nachw.	
SO ₂	0.25	0.86	6.	0.67	4.	0.76	6.	0.85	5.	0.89	5.	0.56	4.	0.47	4.	0.52	4.
TiO ₂	0.05	0.048	8.	0.047	5.	0.062	3.7	0.056	3.7	0.058	5.	0.091	5.	0.099	3.7	0.109	3.7
MnO	0.02	0.051	4.	0.051	4.	0.049	4.	0.072	6.	0.072	3.0	0.066	4.	0.353	2.1	0.390	2.1
Fe ₂ O ₃	0.05	0.96	6.	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		1.35	5.	0.92	3.7	2.96	2.8	3.28	2.8
CoO	0.01	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		0.024	3.6	0.027	3.6
NiO	0.05	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		0.12	7.	0.13	7.
CuO	0.05	1.43	2.5	1.41	3.6	1.33	2.7	1.34	2.4	1.93	3.4	1.34	2.0	0.39	2.7	0.43	2.7
SrO	0.1	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		0.24	12.	0.10	12.	0.19	3.3	0.21	3.3
SnO	0.3	<Nachw.		0.89	9.	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		0.61	12.	0.68	12.
B	0.00003	0.0893	1.3	0.0808	1.3	0.0896	1.5	0.0929	1.5	0.0506	1.3	0.0082	1.3	0.0031	1.1	0.0034	1.1
Cl	0.003	0.531	1.6	0.467	1.9	0.404	1.7	0.500	1.8	0.447	1.6	0.443	1.7	0.084	1.9	0.093	1.9
Cd	0.0001	<Nachw.		0.0023	2.3	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.	
Nd	0.0001	<Nachw.		<Nachw.		0.0155	11.	<Nachw.		0.0122	19.	0.0017	19.	<Nachw.		<Nachw.	
Sm	0.00005	<Nachw.		0.00002	18.	<Nachw.		<Nachw.		0.00003	5.	0.00003	5.	0.00005	7.	0.00005	7.
Gd	0.0001	<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		<Nachw.		0.00004	7.	0.00004	7.
C				*		*		*		*		*		*		*	

$7.6 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ kalten Neutronenfluss (thermisches Äquivalent) bestrahlt. Die Gegenstände wurden unbehandelt in einer PTFE-Folie verpackt. Die Bestrahlungszeit wurde so ausgewählt, dass die Konzentration der bestimmaren Haupt- und Nebenelemente mit erforderlicher Präzision ermittelt werden konnte. Die Bestrahlungszeiten variierten zwischen 4500 s und 226600 s. Bei der kleinsten Probe (Gewicht 11.5 mg) betrug die Bestrahlungszeit 62 Stunden, es wurden also mehr als 2.5 Tage zur Erfassung benötigt. Die Proben wurden in normaler Luftatmosphäre gemessen.

Die Messergebnisse und ihre Unsicherheiten

Die Ergebnisse der Zusammensetzung werden in Massenprozent (m/m%) angegeben (**Tabelle 1**). Im Falle der Glasproben werden die Hauptelemente und einige Nebenelemente in Oxidform (H₂O, Na₂O, K₂O, MgO, CaO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, SO₃, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, CoO, NiO, CuO, SrO, SnO), die Spurenelemente und das Chlor (B, Cl, Cd, Nd, Sm, Gd) in Elementarform angeführt. Der gesamte Eisenoxid-Gehalt wurde in Fe₂O₃, der Wasserstoffgehalt in H₂O Form angegeben. Im Falle einiger Gläser wurde im PGAA-Spektrum Kohlenstoff (C) identifiziert. Das Vorhandensein von Kohlenstoff kann mit der Zersetzung oder mit den Resten von Konservierungstoffen erklärt werden, deshalb wird C im Endergebnis nicht aufgelistet, nur mit dem Symbol * angedeutet. Die Komponentenkonzentration der PGAA steht in der **Tabelle 1**. Neben den Konzentrationswerten werden auch ihre relativen Fehler an-

gegeben. Der relative Fehler der Hauptkomponenten liegt bei 1–8%. Die größere Unsicherheit entsteht auf Grund der sehr kleinen Nachweisgrenze der PGAA. Der relative Fehler wird durch die Nachweisempfindlichkeit der gegebenen Elemente, die Menge der Probe und durch die Messbedingungen beeinflusst.

Die Zusammensetzung der untersuchten Gläser der Bakony-Gegend weicht von den von Venclová und Arbeitskollegen, mit der SEM-EDS Mikroanalyse untersuchten spätbronzezeitlichen gemischt-alkalischen Gläser aus Mähren etwas ab (Venclová et al. 2011). Fast jedes der von uns untersuchten Gläser ist Natronglas mit hohem (13.5–21.6 m/m%) Na-Gehalt und folglich mit geringem Kaliumgehalt (2.5–3.3 t%). Eine Ausnahme bildet die Perle aus Jánosháza (Inv. Nr. Ö. 2012.1.22.), deren K- als auch Na-Gehalt niedrig ist. In der Zusammensetzung dieser Probe stellten wir einen überaus hohen Phosphor-Gehalt (P₂O₅) fest, von dem nicht klar ist, ob der Phosphor ursprünglich ein Bestandteil des Glases war oder Ergebnis einer späteren Kontamination. Deshalb werden die Messdaten dieser Probe sowohl mit (Ö.2012.1.22.) als auch ohne Phosphor-Gehalt (Ö.2012.1.22.*) auf 100% normiert angegeben. Die Probe besitzt einen hohen Gehalt an H₂O, CaO, P₂O₅, MnO, bzw. niedrigen Gehalt an Na₂O, K₂O und SiO₂. Die Abweichung in der Zusammensetzung von den restlichen Gläsern ist Folge einer fortgeschrittenen Korrosion oder des Vorhandenseins eines Konservierungsmittels. Die Frage kann mit Hilfe der PGAA Messungen nicht entschieden werden. Es ist jedoch bekannt, dass durch Verwen-

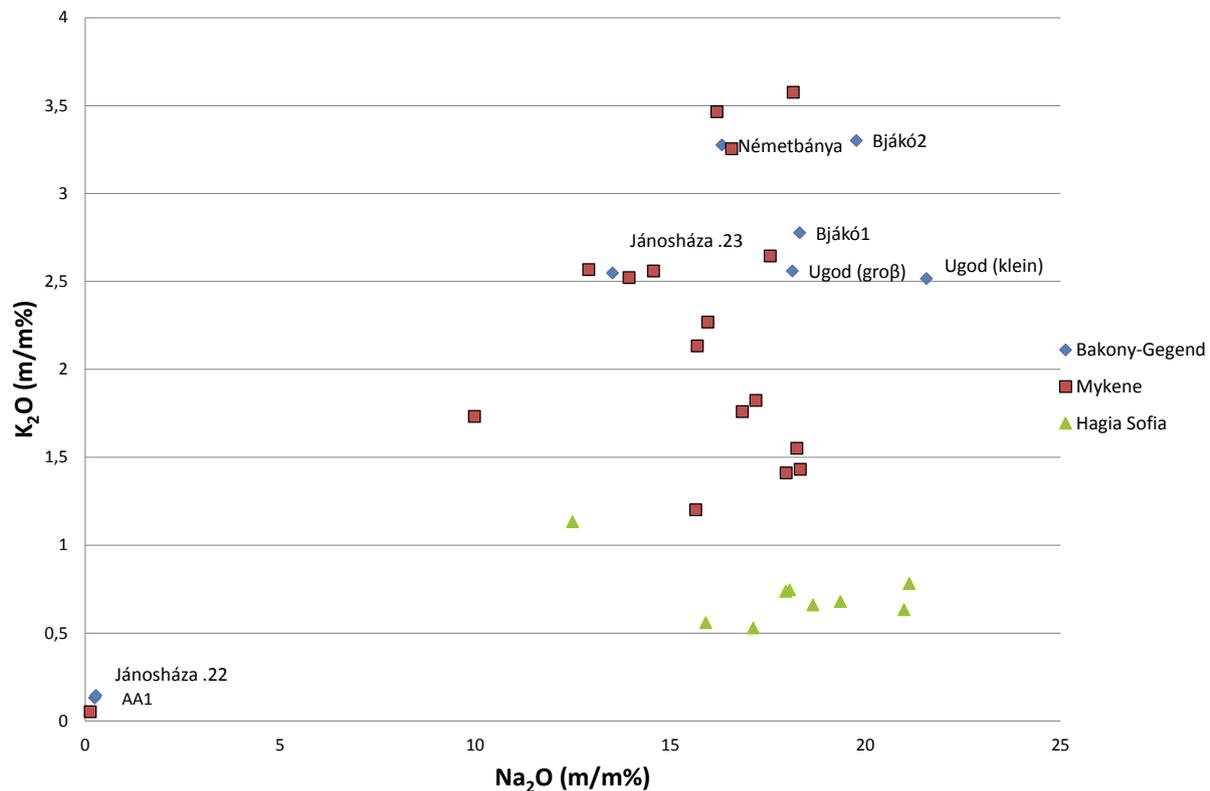


Abb. 3.: Gruppierung der spätbronzezeitlichen Gläser der Bakony-Gegend, der mykenischen Gläser und der byzantinischen Gläser anhand ihres Na- und K-Gehalts.

3. ábra: Bakony-vidéki késő bronzkori, mükénéi és bizánci üvegek csoportosítása nátrium- és káliumtartalmuk szerint.

zung von Konservierungsmittel die Menge von Na und K sinkt, aber nicht verschwindet und der sich Ca-Gehalt nicht erhöht. Auf Grund der PGAA Messungen (**Tabelle 1**) ist es ersichtlich, dass Na und K fast völlig verschwunden sind und die Konzentration von Ca deutlich anstieg. Folglich kann festgestellt werden dass die Probe stark verwittert ist. In den Gläsern von Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.22. und Ó. 2012.1.23.) wurde eine ungewöhnlich große Menge (7.39–12.37 m/m% H₂O-ekvivalens) an Wasserstoff gemessen. Den Ergebnissen der PGAA Messungen folgend besitzen die mykenischen Natrongläser im Allgemeinen eine ähnliche Zusammensetzung (Zacharias et al. 2013). Die PGAA Ergebnisse der Mosaik aus der Hagia Sophia zeigen ebenfalls einen hohen Na-Gehalt (12.5–21.1 m/m% Na₂O), doch ihr K-Gehalt (0.53–1.13 m/m% K₂O) ist im Vergleich zu den zwei vorherigen Gruppen (**Abb. 3.**) wesentlich geringer (Moropoulou et al. 2016). Der geringe Natrium- und Kalium-Gehalt, sowie der hohe Wasserstoff-Gehalt des mykenischen Glases (mit dem Zeichen "AA1") bzw. des Glases aus Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.22.) kann eindeutig mit der Verwitterung in Zusammenhang gebracht werden.

Der Chlor-Gehalt der Gläser kann teilweise mit der verwendeten Pflanzenasche in Zusammenhang gebracht werden. Das Vorhandensein von Bor kann

als Bestandteil der Pflanzenasche gedeutet werden, eventuell gelang es als Verunreinigung des Sandes in die Probe (Zacharias et al. 2014). Die PGAA Methode kann einwandfrei zur hochgenauen Bestimmung des Bor- und Chlorgehaltes angewandt werden. Die 4. Abbildung zeigt den Bor- und Chlorgehalt der untersuchten byzantinischen Gläser und der Glasproben aus der Bakony-Gegend. Die, auf der Abbildung zueinander naheliegenden Proben besitzen einen ähnlichen Bor- und Chlorgehalt und wurden wahrscheinlich meist aus demselben Rohstoff hergestellt. Bei der Auswertung der Messungen kann jedoch der Grad des Einflusses der Verwitterung nicht eindeutig bestimmt werden. Die in der **Abbildung 4.** (unten, links) aufgeführte Proben mit geringem Bor- und Chlorgehalt sind stark verwittert. Im Falle der blauen Gläser von Bakonyjókó, Ugod, Németsbánya und Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.23.) kann die Farbe mit dem hohen (1.34–1.93 m/m%) Kupfergehalt erklärt werden.

Die Bestandteile der von Varga (1992) untersuchten Gläser von Bakonyjókó (Inv. Nr. 79.6.88.) zeigen ähnliche Werte mit den, mit Hilfe von PGAA untersuchten Glasperlen von Bakonyjókó (Inv. Nr. 79.6.31.1. und 79.6.31.2.) (Tabelle 2). Im Falle der Glasperlen aus der Bakony-Gegend ist es besonders auffallend, dass ihr Na₂O-Gehalt (18.3 m/m%

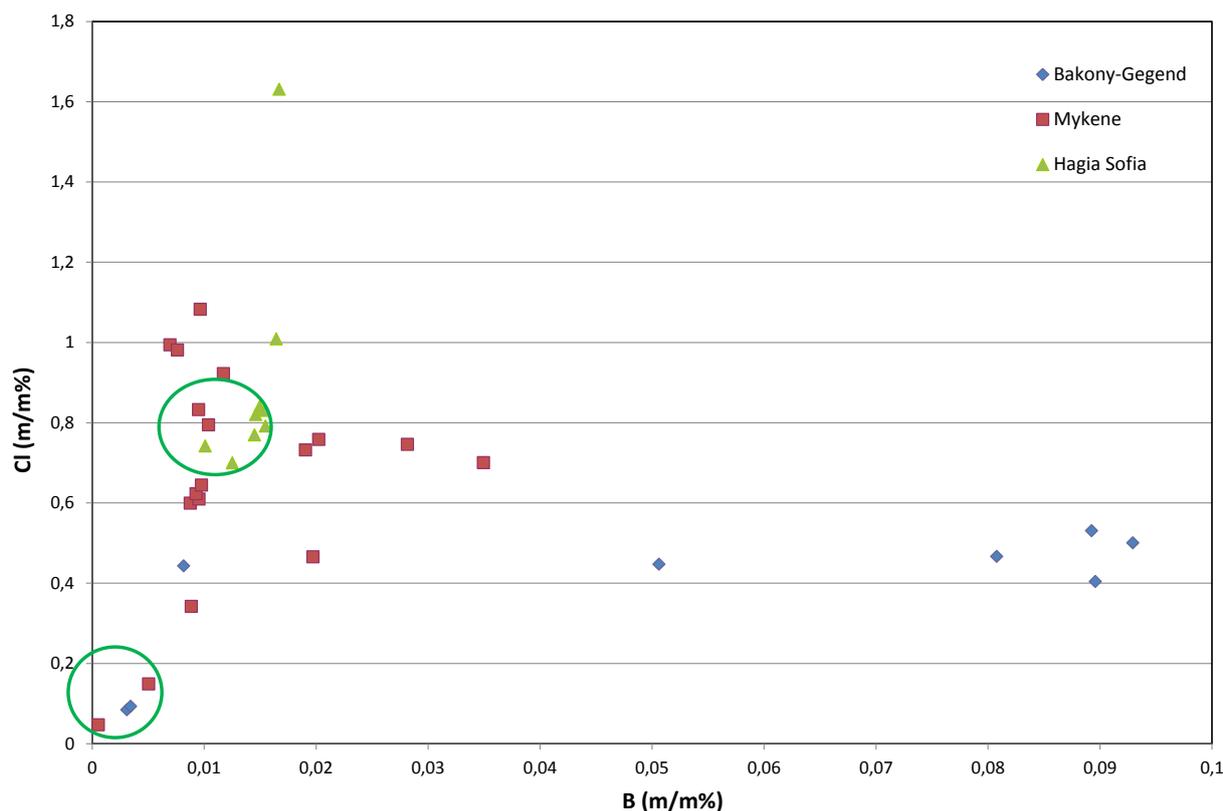


Abb. 4.: Gruppierung der spätbronzezeitlichen Gläser der Bakony-Gegend, der mykenischen Gläser und der byzantinischen Gläser anhand ihres Bor- und Chlor-Gehalts.

4. ábra: Bakony-vidéki késő bronzkori, mükénéi és bizánci üvegek csoportosítása bór- és klórtartalmuk szerint.

und 19.8 m/m%) und K_2O -Gehalt (2.8 m/m% und 3.3 m/m%) mit der Zusammensetzung der oben angeführten (Zacharias et al. 2013) mykenischen Gläsern (9.98–18.3 m/m% Na_2O -Gehalt, bzw. 1.20–3.58 m/m% K_2O -Gehalt), bzw. mit dem Na-Gehalt (17.6–20.9 m/m%) der durch Henderson und Kollegen (Henderson et al 2010) gemessenen späthelladischen III B-C Gläsern aus Elateia und Theben im Einklang stehen. Sowohl der K_2O - als auch der Na_2O -Gehalt der Gläsern aus der Bakony-Gegend ist dem der ägyptischen (0.6–2.64 m/m% K_2O ; 16.74–18.3 m/m% Na_2O) und mesopotamischen (1.42–4.42 m/m% K_2O ; 14.17–18.38 m/m% Na_2O) Gläsern ähnlich. Wie es erwartet war, ist allein der Alkali-Gehalt zur Bestimmung des Herkunftsortes nicht ausreichend. Gleichzeitig ist die Nutzung einer weiteren Rohstoffquelle nicht auszuschließen.

Die PGAA Messungen der Bakonyer Gläser und der Kontrollproben lassen uns zur Schlussfolgerung, dass anhand der Hauptkomponente (Na_2O , K_2O , MgO) die Gläser aus der Bakony-Gegend den mykenischen HM-Gläsern (Abb. 3) sehr ähnliche Zusammensetzung besitzen. Im Bezug auf die Spurenelemente (B, Cl) ist es unwahrscheinlich, dass die Rohstoffe aus der selben Quelle herkommen, wie die der mykenischen Gläsern. Theoretisch darf

aber der, aus der selben geographischen Region, jedoch aus anderen Gebieten stammende Rohstoff nicht ausgeschlossen werden. Gleichzeitig – da unter den neuesten dänischen Glasperlen (Varberg et al. 2015) auch solche mit ägyptischem und mesopotamischem Herkunft nachgewiesen wurden – ist es nicht undenkbar, dass aus dem östlichen Mittelmeerraum nach Mykene (z.B. Uluburun) transportiertes Statussymbol an einer „Zwischenstation“, dh. in der Nähe der Bernsteinstraße im östlichen Voralpen als Tribut oder als Raubgut in Besitz reicherer Familien gelangte.

Glasperlenhandel und die Stelle der Glasperle in der spätbronzezeitlichen Gesellschaft

Die Kenntnis über Glas gelang anhand der internationalen Forschung und unserer Arbeitshypothese aus drei Richtungen (Abb. 5) ins Karpatenbecken. Erstens über einen Handelsweg, der aus Mesopotamien oder aus dessen anatolischen und kaukasischen Region (Primas 2008) nach Osteuropa führte. Fayence- und Glasperlen als Denkmäler dieser Route fand man an der unteren Donau im südöstlichen Karpatenvorraum in Rumänien, in den Gräbern 20. und 58. des Gräberfeldes von Câmpina (Radiokarbonaten: 2σ 1495–1402 BC) (Frînculeasa & Stîhi

Tabelle 2.: Vergleich der Ergebnissen der NAA (Varga 1992) und PGAA Messungen.**2. táblázat:** A bakonyjákói üvegek NAA (Varga 1992) és PGAA mérési eredményeinek összehasonlítása.

Inv. Nr.	79.6.88.		79.6.31.1.		79.6.31.2.	
	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler
	NAA	± %	PGAA	± %	PGAA	± %
Na	13.70	0.10	13.60	0.20	14.66	0.23
K	2.49	0.05	2.30	0.06	2.74	0.07
Cu	0.74	0.03	1.14	0.03	1.41	0.04
Cl	0.37	0.03	0.531	0.006	0.47	0.005
Mn	0.035	0.002	0.0357	0.001	0.035	0.001
Fe	0.55	0.06	0.67	0.04	0.23	0.03

2012; Frînculeasa 2014). Weiter in westlicher Richtung sind andere Glasperlen aus Transsylvanien bekannt (Lăpuș, Pecica). Unter denen ist ohne Zweifel am bedeutendsten ein im Kom. Hunyad in der Cioclovina-Höhle gefundener spätbronzezeitlicher (Ha A1) Schatzfund, aus dem 2800 St. Glasperlen vorliegen (Frînculeasa & Stihl 2012). Eine weitere Route führte aus mykenischen Gebieten auf Wasser nach Nord-Italien und nach Caput Adriae (Slowenien) bzw. folgte die adriatische Küste als Landesweg und zwar vom Beginn bis zum Ende der Bronzezeit (Harding 2000; Jung 2005; Primas 2007). Der Letztgenannte konnte auf dem Gebiet der Caput Adriae die aus dem Po-Gebiet ausgehende und nach Norden gerichtete Bernsteinstraße erreicht haben. Auf dieser adriatischen Route gelangten die frühesten sternförmigen – oben bereits erwähnten – Fayenceperlen ins Gräberfeld von Mokrin (Primas 2008). Ein dritter Transportweg verzweigte sich in Nord-Italien in verschiedene Richtungen. Einer davon erreichte durch die Bernsteinstraße mit Berührung des Gardasees und Slowenien (Giumlia-Mair 2005) auch den westlichen Teil des Karpatenbeckens, also Transdanubien. Der Glashandel verlief parallel mit dem Bernsteinhandel (Bellintani 2002). Diese Behauptung wird durch die Lesefunde und die Perle aus der authentischen Grabung der Siedlung von St. Veit bei Velem bzw. durch die Bernsteinperlen des Hügelgrabes von Jánosháza bestätigt (Miske 1908; Fekete 2004).

Aus den gleichzeitigen und zur selben Kultur gehörenden Fundplätzen der untersuchten Glasperlen besitzt nur die Tellsiedlung aus Némethánya mit C14 Daten. Die 2σ Werte datieren die Siedlung zwischen 1362/1279–1211 und 1216/1108–1024 BC (Ilon 1996, 2014, 2016). Sie existiert also teilweise gleichzeitig sowohl mit den mykenischen als auch mit den Gläsern aus Frattesina. Die Glasfunde der Bakony-Gegend können also aus beiden Regionen herkommen.

Glaseinlagen erschienen in der spätmykenischen Palastzeit (14–13. Jh. v. Chr.) an Schwertgriffen und Helmen (Nightingale 2009). Solche Schmuckwaffen können mit der Gesellschaftselite verbunden werden, wie das Vogelkopfmesser mit blauer Glaseinlage aus dem 6. Grab von Balatonfüzfő (Ilon 2012). Das Gefäß mit Glaseinlage (Bellintani & Stefan 2009) aus dem Ha A1-2 zeitlichen „Herrnhaus“ von Nagykanizsa–Bilkei-dűlő (Horváth 2001) deutet ebenfalls auf einen reicheren Haushalt hin. Die mit Glas Bestatteten der Hügelgräber von Jánosháza und der Bakony-Gegend dürften zu den reicheren Familien der Gemeinde gehört haben. Der Mangel an, auf eine eventuelle Produktion hindeutenden Schlacke und Nebenprodukte bestätigt – unseres heutigen Kenntnisstandes nach – nicht die selbständige Glasherstellung im westlichen Karpatenbecken. Da *Glas als Import- und gleichzeitig Prestigeware existierte, signalisiert der Erwerb gesellschaftlichen Status und einen Kontaktnetzwerk* (Primas 2008), in *unserem Fall in Richtung Mykene oder Nord-Italien (Abb. 5)*. In der benachbarten und gleichzeitigen Čaka-Kultur in der Südwestslowakei sind Glasperlen in sehr geringer Menge, oftmals nur 1-2 St. bekannt (Kolta: Bz D/Ha A – Paulík 1966, Lužany: Furmánek et al. 2009, Očkov: Ha A1 – Paulík 1962, Velké Ripňany: Paulík 1978). In den Gräberfeldern der, auf die Späthügelgräberzeit folgenden Urnenfelderkultur sind die vorliegenden Untersuchungsobjekte (Ungarn: Neszmély – Patek 1982; Österreich: Burgschleinitz, Linz St. Peter, Volder, Wien–Mühlsaugergasse – Neuninger & Pittioni 1959, Slowakei: Furmánek et al. 2009, Märhen und Böhmen: Tihelka 1961, Venclová 1990, Venclová et al. 2011, Kroatien: Forenbaher 1995, Österreich, Deutschland, Schweiz: Haevernick 1978) auch nicht besonders verbreitet. Es muss jedoch vermerkt werden, dass diese Fundlisten bereits vor längerer Zeit zusammengetragen wurden.



Abb. 5.: Mögliche Routen des spätbronzezeitlichen Glashandels (Angefertigt von Gyula Isztin)

5. ábra: A késő bronzkor üvegeinek lehetséges szállítási útvonalai. (Készítette: Isztin Gyula)

Die Benutzung von Glasperlen hängt mit magischen und religiösen Überzeugungen zusammen (Nightingale 2009), aber eine Diskussion dieses Aspekts greift über die Grenzen dieser Studie hinaus.

Danksagung

Vor der Untersuchung machte Tibor Takács (Körmen) von die Glasperlen Fotoaufnahmen. Wir sind der Archäologin Enikő Kovács für die Entnahme der Untersuchungsobjekte im Károly Esterházy Mu-

seum von Pápa dankbar. Wir bedanken uns bei der Museumsdirektorin Andrea Csapláros für die Genehmigung der Untersuchung der Perlen von Jánosháza, sowie Marcella Nagy, Abteilungsleiterin des Savaria Museums für die Vorbereitung der Funde. Besonderer Dank gilt für unsere Lektoren István Fórizs PhD und Géza Szabó PhD für ihre nützlichen kritischen Anmerkungen.

Die PGAA Messungen wurden im Neutronenzentrum Budapest (BNC) durchgeführt.

References

ANGELINI, I., ARTIOLI, G., BELLINTANI, P., DIELLA, V., GEMMI, M., POLLA, A. & ROSSI, A. (2004): Chemical analyses of Bronze Age glasses from Frattesina di Rovigo, Northern Italy. *Journal of Archaeological Science* **31**: 1175–1184.

BELLINTANI, P. (2002): Bernsteinstraßen, Glasstraßen. In: Schnekenburger, G. (Red.), *Über die Alpen. Mensch – Wege – Waren*. Stuttgart, 39–48.

BELLINTANI, P. & STEFAN, L. (2009): Nuovi dati sul primo vetro europeo: il caso di Frattesina. In: *Atti del "Primo Convegno Interdisciplinare sul Vetro nei Beni Culturali e nell'Arte di Ieri e di Oggi"*, Parma, 27-28 novembre 2008. Parma, 71–86.

EDER, B. (2015): Stone and Glass: The Ideological Transformation of Imported Materials and Their Geographic Distribution in Mycenaean Greece. In: EDER, B. – PRUZSINSZKY, R. (eds.), *Policies of Exchange. Political Systems and Modes of*

Interaction in the Aegean and the Near East in the 2nd Millennium BC", *Proceedings of the International Symposium, 30th May-2nd June 2012 in Freiburg*. Institute for Archaeological Studies, OREA 2 (Vienna) 221–242.

FEKETE M. (2004): A jánosházi halomsír. Das Hügelgrab von Jánosháza. In: ILON G. (ed.), *ΜΩΜΟΣ III*. Óskoros Kutatók III. Országos Összejövetelének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés. Bozsok–Szombathely 2002. október 7–9. Szombathely, 157–181.

FORENBAHER, S. (1995): Trade and Exchange in Late Bronze and Early Iron Age Croatia. In: HÄNSEL B. (Hrsg.), *Handel, Tausch und Verkehr im Bronze- und früheisenzeitlichen Südosteuropa*. Südosteuropa-Schriften 17, PAS **11**, München-Berlin, 269–282.

- FÓRIZS I. (2008): Üvegekészítés Magyarországon a kezdetektől a XVIII. századig. In: Szakáll S. (Szerk.), *Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Geotudományok. Alkalmazott ásvány- és kőzettan.* A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, *Bányászat* **74**: 113–136.
- FURMÁNEK, V., HORŇÁK, M. & MITÁŠ, V. (2009): Sklené koráliky v období popolnicových polí na Slovensku. Stav výskumu. Glasperlen in der Zeit der Urnenfelder in der Slowakei. Stand der Forschung. *Študijné Zvesti Archeologického Ústavu SAV* **45**: 79–90.
- FRÎNCULEASA, A. (2014): *Cimitirul din epoca bronzului de la Câmpina (Jud. Prahova).* Consiliul Județean Prahova Muzeul Județean de Istorie și Arheologie Prahova, Seria Arheologie **VII**, Editura Cetatea de Scaun, 2014.
- FRÎNCULEASA, A. & STIHI, C. (2012): Vitreous Beads Found at the Bronze Age Cemetery from Câmpina (Prahova). *Annales d'Université Valahia Targoviste, Section d'Archeologie et d'Histoire* **XIV:2**: 17–27.
- GESSNER, V. (1947): Vom Problem der spätbronzezeitlichen Glasperlen. In: Drack, W. & Fischer, P. (Hrsg.), *Beiträge zur Kulturgeschichte – Festschrift Reinhold Bosch.* Aarau, 80–98.
- GIUMLIA-MAIR, A. (2005): Handel und Rohstoffgewinnung im Italien der späten Bronzezeit. In: Yalçın, Ü. & Linden, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006,* Bochum, 415–430.
- HARDING, A. (2000): *European Societies in the Bronze Age.* Cambridge University Press, Cambridge.
- HAEVERNICK, E. T. (1978): Urnenfelderzeitliche Glasperlen: eine Bestandesaufnahme. *Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte* **35**: 144–157.
- HENDERSON, J. (1988): Glass production and Bronze Age Europe. *Antiquity* **62**: 435–451.
- HENDERSON, J. (1993): Chemical analysis of the glass and faience from Hauterive–Champréveyres, Switzerland. In: RYCHNER-FARAGGI, A.-M. (Hrsg.), *Hauterive–Champréveyres, 9: Métal and Parure au Bronze Final.* Musée Cantonal d'Archéologie, Neuchâtel, 111–117.
- HENDERSON, J. (1995): Ancient Vitreous Materials. *American Journal of Archaeology* **99:1**: 117–121.
- HENDERSON, J. (2013): Glass and faience. In: Fokkens, H. & Harding, A. (eds.), *The Oxford Handbook of the European Bronze Age.* Oxford, Univ. Press, 492–500.
- HENDERSON, J., EVENS, J., NIKITA, K. (2010): Isotopic evidence for the primary production, provenance and trade of Late Bronze Age glass in the Mediterranean. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* **10:1**: 1–24.
- HORVÁTH L. (2001): Késő bronzkori település feltárása Nagykanizsán. Excavation of a Late Bronze Age settlement at Nagykanizsa. In: BENCZE Z. et al. (eds.), *Régészeti kutatások Magyarországon – Archaeological Investigation in Hungary 1998,* Budapest, 37–43.
- ILON G. (1996): A késő halomsíros – kora urnamezős kultúra temetője és tell települése Nemetbánya határában. Das Gräberfeld und Tell der Späthügelgräber–Frühurnenfelderkultur in der Gemarkung Nemetbánya. *Pápai Múzeumi Értesítő – Acta Musei Papensis* **6**: 89–208.
- ILON, G. (2012): Eine weitere Bestattung der frühurnenfelderzeitlichen Elite – das Grab Nr. 6 aus Balatonfüzfő (Ungarn, Komitat Veszprém). In: KUJOVSKÝ, R. & MITÁŠ, V. (eds.), *Václav Furmánek a doba bronzová. Zborník k sedemdesiatym narodeninám. Arch. Slov. Monogr. Communicationes XIII* Nitra, 137–150.
- ILON, G. (2014): Der Anfang der Urnenfelderzeit (Bz D) im Bakonygebirge (Ungarn). Das Gräberfeld und die mehrschichtige Siedlung der Späthügelgräberzeit und der Früh-Urnenfelderzeit in der Gemarkung von Nemetbánya. In: DIZDAR, L. D. & DIZDAR, M. (Eds.), *The Beginning of the Late Bronze Age between the Eastern Alps and the Danube.* Proceedings of the International Conference in Osijek, October 20–22. 2011. Zbornik Instituta za Archaeologiju **1** Zagreb, 101–177.
- ILON, G. (2016): Zeitstellung der Urnenfelderkultur (≈1350/1300 – 750/700 BC) in West-Transdanubien. Ein Versuch mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: *Internat. Konferenz Bronzezeitliche Chronologie.* 2014. Tg. Mures. Im Druck
- INGRAM, S. R. (2005): Faience and glass beads from the Late Bronze Age shipwreck at Uluburun. Texas A&M University – <http://nautarch.tamu.edu/pdf-files/Ingram-MA2004.pdf> - heruntergeladen am 8.2.2012.
- JANKOVITS, K. (1992): Spätbronzezeitliche Hügelgräber von Bakonyjákó. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **44**: 261–343.

- JUNG, R. (2005): Aspekte des mykenischen Handels und Produktaustauschs. In: B. Horejs, B., Jung, R., Kaiser, E. & Teržan, B. (Hrsg.), *Interpretationsraum Bronzezeit. Bernhard Hänsel von seinem Schülern gewidmet*. UPA **121**: Bonn, 45–70.
- KASZTOVSZKY Zs., KUNICKI-GOLDFINGER, J., DZIERŻANOWSKI, P., NAWROLSKA, G. & WAWRZYŃIAK, P. (2005): Történelmi üvegek roncsolásmentes vizsgálatára prompt gamma aktivációs analízissel és elektron-mikroszondával. (in Hungarian) *Archeometriai Műhely* **II(1)**: 48–56.
- KASZTOVSZKY Zs. & KUNICKI-GOLDFINGER, J. (2008): Újabb eredmények az üvegek archeometriai vizsgálatában prompt gamma aktivációs analízis segítségével. (in Hungarian) *Archeometriai Műhely* **V(3)**: 51–57.
- MILDNER, S., SCHÜSSLER, U. & FALKENSTEIN, F. (2012a): Bronze Age glass between the Alps and the Baltic Sea. Studies on Manufacture and Distribution of the Oldest Glass in Central Europe. In: Braekmans, D. – Honings, J. – Degryse, P. (eds.), *Programme and Abstract of the 39th International Symposium on Archaeometry*. Leuven, 394.
- MILDNER, S., FALKENSTEIN, F. & SCHÜSSLER, U. (2012b): Bronzezeitliche Glasperlen zwischen Alpenkamm und Ostsee. Untersuchungen zur Herstellung und Distribution des ältesten Glases in Mitteleuropa. Downloaden des Posters am 2.10.2013.
- MISKE K. (1908): *Die prähistorische Ansiedelung Velem St. Vid I. Beschreibung der Raubbaufunde*. Wien.
- MOROPOULOU, A., ZACHARIAS, N., DELEGOUA, E. T., MARÓTI B., KASZTOVSZKY Zs. (2016): Analytical and technological examination of glass tesserae from Hagia Sophia. *Microchemical Journal* **125**: 170–184.
- NEUNINGER, H. & PITTIONI, R. (1959): Woher stammen die blauen Glasperlen der Urnenfelderkultur? *Archaeologia Austriaca* **26**: 52–66.
- NIGHTINGALE, G. (2009): Glass and faience and Mycenaean society. In: IGNATIADOU, D. & ANTONARAS, A. (eds.), *Annales 18^e congrès. Association Internationale pour l'Histoire du Verre. International Association for the History of Glass*. Thessaloniki, 7–10.
- OPPENHEIMER, L. A. (1973): Towards a History of Glass in the Ancient Near East. *Journal of the American Oriental Society* **93.3**: 259–266.
- PAULÍK, J. (1962): Das Velatice–Baierdorfer Hügelgrab in Očkov. *Slovenská Archeológia* **10**: 5–96.
- PAULÍK, J. (1966): Mohyla čakanskej kultury v Kolte. *Slovenská Archeológia* **14**: 357–396.
- PAULÍK, J. (1978): Abdeckung eines jungbronzezeitlichen Hügelgrabes in Velké Ripňany. *AVANS* 1977, 189–192.
- PATEK, E. (1982): Die hallstattzeitliche Glasperlen Transdanubiens. *Savaria* **16**: 161–180.
- PULAK, C. (2005): Das Schiffswrack von Uluburun. In: YALÇIN, Ü. & LINDEN, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun: Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006*, Bochum, 55–102.
- PRIMAS, M. (2007): Innovationstransfer vor 5000 Jahren. Knotenpunkte an Land- und Wasserwegen zwischen Vorderasien und Europa. *Eurasia Antiqua* **13**: 1–19.
- PRIMAS, M. (2008): *Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa 2200 – 800 v. Chr.* UPA **150** Bonn
- REHREN, Th. (2005): Der Handel mit Glas in der Spätbronzezeit. In: YALÇIN, Ü. & LINDEN, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006*, Bochum, 533–539.
- RÉVAY, Zs. (2009) & MOLNÁR, G. L. (2003): Standardisation of the prompt gamma activation analysis method. *Radiochimica Acta* **91**: 361–369.
- RÉVAY, Zs. (2009): Determining elemental composition using prompt gamma activation analysis. *Analytical Chemistry* **81**: 6851–9.
- SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, Zs. & KIS, Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest research reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286**: 501–505.
- TIHELKA, K. (1961): Vyznačný hrob velatické na cezavách u Blučiny. Ein bedeutsames Grab der Velatizer Kultur auf Cezavy bei Blučina. *Památky Archeologické* **52**: 201–208.
- VARBERG, J., GRATUZE, B. & KAUL, F. (2015): Between Egypt, Mesopotamia and Scandinavia: Late Bronze Age glassbeads found in Denmark. *Journal of Archaeological Science* **54**: 168–181.
- VARGA, I. (1992): Későbronzkori üveggyöngy Bakonyjácóról. Glassbeads from the Late Bronze Age from Bakonyjácó. *Pápai Múzeumi Értesítő – Acta Musei Papensis* **3-4**: 97–99.

VENCLOVÁ, N. (1990): *Prehistoric glass in Bohemia*. Archeologický ústav AV ČR., Prague.

VENCLOVÁ, N., HULÍNSKÝ, V., HENDERSON, J., CHENERY, S., ŠULOVÁ, L. & HLOŽEK, J. (2011): Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia. Skla typu mixed alkali mladší doby bronzové v Čechách. *Archeologické rozhledy* **63**: 559–585.

WEDEPOHL, K. H. (2000): The change in composition of medieval glass types occurring in excavated fragments from Germany. *Annales du*

14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Italia, Venezia-Milano 1998, Lochem, 253–257.

ZACHARIAS, N., KAPAROU, M., KASZTOVSZKY, Zs., MARÓTI, B., BELTSIOS, K., MURPHY, J., KANTARELOU, V. & KARYDAS, G. A. (2013): Mükénéi üvegek korróziójának és eredetének vizsgálata SEM-EDS, XRF és PGAA módszerekkel. An alteration and provenance study of Mycenaen Glass objects using Neutron-beam and X-ray methods. *Archeometriai Műhely* **X(2)**: 127–140.

Fußnoten

¹ Low Magnesium High Potassium = niedriger Mg-, hoher K-Gehalt.

² Es ist uns nicht gelungen die Studie von Julian Henderson zu erlangen. Die wichtigsten Ansichten wurden aus dem Beitrag von István Fórizs (2008) übernommen.

³ Meiner Meinung nach /G. Ilon/ wurden die Überreste einer einzigen Person an drei Stellen deponiert. Diese Behauptung wurde im Falle der Bestattungen von Némethbánya auch durch anthropologische Untersuchung bekräftigt.

⁴ Der Rezensent unserer Studie, Géza Szabó leitete unsere Aufmerksamkeit auf die Tatsache, das die Zusammensetzung, Qualität und Proportionen der Spurenelemente innerhalb der selben Sandgewinnungsstelle, auch in kleinerer Entfernung sehr unterschiedlich sein kann. Für seine berechtigte Ergänzung werde an dieser Stelle gedankt.