

# **Erste Ergebnisse naturwissenschaftlicher Untersuchungen an Graphittonkeramik aus Brno (Brünn)**

MIROSLAVA GREGEROVÁ - RUDOLF PROCHÁZKA

Im Rahmen der Bearbeitung der jung - und spätdurwaldzeitlichen Keramik aus dem historischen Stadtkern von Brno wurden 66 Scherben aus dem Horizont I.1. (2. Hälfte 12. und Anfang 13. Jh.) einer petrographischen Analyse unterzogen (vgl. LOSKOTOVÁ - PROCHÁZKA 1996)<sup>1</sup>. Die Proben stammen von drei Fundplätzen: - Petrov Nr. 8 (29 Proben), Josefská-Straße Nr. 7 (12 Proben) und Radnická-Straße Nr. 8 (25 Proben). Von den 66 analysierten Proben enthalten 54 eine Graphitbeimengung. Die Tatsache, daß in der Magerung fast aller untersuchten Scherben nicht nur Einzelminerale, sondern auch Gesteinspartikel gefunden wurden, was übrigens von einer ziemlich schlechten Aussonderung der Magerungsrohstoffe zeugt, hat eine wesentliche Bedeutung für die Herkunftsbestimmung des Graphits und der anderen Bestandteile. Es fehlt aber bislang noch eine geochemische Untersuchung, wie sie beispielsweise an der Keramik aus dem latènezeitlichen Töpferofen von Milovice durchgeführt wurde, wo sich anhand der Spurenelemente die Herkunft des Graphits bestimmen ließ (ČÍZEK 1994).

Archäologisch wurde die Graphittonkeramik vorläufig in zwei Klassen unterteilt. Zur Klasse A1 gehören die Töpfe, die in der damaligen Irdenware bei weitem dominieren. Klasse A3 besteht aus massiven engobierten Vorratsgefäßen. Die Proben entstammen größtenteils der Klasse A1.

## **Untersuchungsmethode**

Die Identifizierung des Graphits erfolgte sowohl mit Hilfe der RTG-Analyse als auch mittels des Studiums der Stoffzusammensetzung und der Rückstrahlung des Graphits im Polarisationsmikroskop. Die Graphittonkeramik wurde im durchgehenden und reflektierten Licht des Polarisationsmikroskops Jenapol U analysiert. Mikroskope dieser Reihe ermöglichen das Studium der Objekte in aufgedeckten und geglänzten wie auch in klassischen Dünnschliff-Präparaten. Geglänzte Dünnschliffe wurden einem Orientierungsstudium unterzogen, das auf die Rückstrahlung des Kohlenstoffes gerichtet war. Diese Methode diente besonders zur Unterscheidung zwischen organischem und anorganischem Kohlenstoff. Im reflektierten Licht wurde der Kohlenstoff von den Opak-Mineralen unterschieden, die in den Scherben gewöhnlich auftreten, wie z.B. Magnetit, Limonit, Hämatit und bisweilen auch Ilmenit. Ihr Prozentanteil ist im Vergleich zum Kohlenstoff ganz geringfügig. Die Möglichkeiten des Polarisationsmikroskops wurden außerdem für die Festlegung der quantitativen Zusammensetzung der einzelnen analysierten Proben, für die Ermittlung der Porosität der Scherben und für die Größenbestimmung einzelner Bestandteile genutzt.

Die Brenntemperatur der Graphittonkeramik wurde mit Hilfe von Experimenten ermittelt. Hierfür wurden Proben aus gewöhnlichem Töpferon zubereitet; variabel war das Mengenverhältnis zwischen Ton und Graphit. Dabei wurden sowohl Rohgraphit als auch organische Stoffe benutzt, wie z.B. Fett, Holzspäne oder Kohle. Gebrannt wurden die Proben im Labor-Brennofen. Die Brenntemperatur wurde mit Hilfe zugesetzter empfindlicher Minerale wie Kalzit und Amphibol ermittelt, die bestimmte Struktur- und Farbänderungen bei konkreter Temperatur aufweisen.

---

<sup>1</sup> Die mineralogisch-petrographischen Analysen hat RNDr. MIROSLAVA GREGEROVÁ durchgeführt. Hinsichtlich der Herkunft der Gesteine wurden ihre Ergebnisse ergänzt von RNDr. JAROSLAV DVOŘÁK.

## Untersuchungsergebnisse

Man hat festgestellt, daß Amphibol empfindlich auf die Temperatur reagiert, und zwar im Intervall von 400 bis 1000°C, wobei man in den gebrannten Scherben progressive Farbenänderungen verfolgen kann (von Grün bis zu einem satten Rot). Ähnlich empfindlich reagiert Kalzit auf Temperaturänderungen, wobei aber auch die Korngröße zu berücksichtigen ist: Während grobkörnige Kalzite bis zu einer Temperatur von 800°C erhalten bleiben, erfolgt bei Mikryt-Kalzit die Dissoziation in der keramischen Masse schon bei 700°C. Temperaturbedingte Farbänderungen wurden auch bei anderen Mineralien festgestellt, und zwar bei Biotit und Chlorit. Hier sind aber die Änderungen der Farbe nicht eindeutig zu interpretieren.

Zudem zeigte sich, daß man im Labor die reduzierenden Bedingungen des Brennens der Proben mit Hilfe von Holzkohle modifizieren kann. Als wir beispielsweise die für experimentelle Zwecke gefertigten Proben in Form kleiner Ziegelchen (etwa 1 x 1 x 2cm) ganz in Holzkohle einlegten, wurde ihre Oberfläche nach dem Brennen selbst dann grau, wenn die Ziegelchen kein Graphit enthielten. Je feiner der Graphitrohstoff war, desto dunkler fiel die Farbe der Probe aus. Der Brand erfolgte bis zu einer Temperatur von 700°C. Sofern wir der Tonmasse Holzspäne, Blut und Fett beigemischt hatten, zeigten die Ziegelchen nach dem Brand im Inneren eine feine schwarze Pigmentierung, zumeist auch verkohlte Holzspäne.

Erfolgte der Brand unter oxydierenden Bedingungen, so wurde die Probe rot. In manchen Ziegelchen beobachteten wir grau verfärbte Kerne, was wahrscheinlich mit der Raumschließung nach Sinterung der Oberfläche zusammenhängt.

Ungewiß bleibt, auf welche Weise wir die Zusammensetzung der Tonmasse modifizieren dürfen. Daß Ton örtlicher Herkunft benutzt wurde, ist sehr wahrscheinlich; angereichert werden konnte er beispielsweise mit Holzspänen, Stroh, Fett, Graphit, Holzkohle oder Blut.

Am Rande sei bemerkt, daß man bei der Beurteilung der Brenntemperatur der "alten" Irdenware auch auf die Tatsache Rücksicht nehmen muß, daß sich manche Kaolinit- und Illit-Tone und Tonschiefer bei Temperaturen um 1000-1200°C ausdehnen. Diese Erscheinung wird schon seit längerer Zeit für die Erzeugung einiger spezieller Sorten von Industriekeramik genutzt ("Keramsit"). Da die erwähnten Gesteine sicher auch für die Herstellung der traditionellen Irdenware verwendet wurden, muß man mit entsprechend niedrigeren Brenntemperaturen rechnen (um 700°C). Diese Hypothese wurde mit Hilfe von DTA-Kurven verifiziert.

Die untersuchten Proben kann man nach der Beschaffenheit der Graphitkomponente in folgende 5 Gruppen teilen (Tab. 1):

- A. Graphit wurde absichtlich sowohl als Magerung als auch in das Bindemittel beigegeben. In der Scherbe sind als Magerung Bruchstücke von Graphitgesteinen vertreten, und dazu kommt noch eine feine Kohlesubstanz in der Tonmatrix.
- B. In der Tonmatrix tritt eine Kohlesubstanz auf, außerdem Körner von Graphitgesteinen. Die Tonmatrix ist von einer feinen Kohlesubstanz durchsetzt, und obendrein gibt es in der Magerung runde Gebilde aus Rohgraphit.
- C. Graphitgesteine kommen nur als Magerung vor. Sie sind nicht sichtbar, nur ausnahmsweise findet man in der Tonmatrix eine Kohlesubstanz.
- D. Kohlenstoff organischer Herkunft. Diese Scherben enthalten keine Graphitgesteine in der Magerung. Nur die Tonmatrix ist sehr fein pigmentiert, sie wirkt oft wie eine ganz homogene Masse ohne unterscheidbare Bestandteile.
- E. Mit unabsichtlich zugemischtem Graphit.

Gruppe	Graphitanteil (%) / Probenanzahl					
	< 1 %	1-5%	6-10%	11-20%	21-50%	51-81%
A			1	3	4	9
B		1			11	5
C						
D	2	7	2			2
E	5					

Tabelle 1. Gliederung der Keramikproben nach der Beschaffenheit der Graphitkomponente.

Bei makroskopischer Betrachtung der Graphittonware, Keramikklasse A1, erscheint die Oberfläche meist engobiert und oxydierend gebrannt. Seltener sieht sie unengobiert aus und ist ebenso wie der Kern schwarzgefärbt. Die Porosität schwankt zwischen 4 und 13%. Die meist mittelgrobe, viel seltener feine oder grobe Magerung bildet 13-40% und besteht meist aus Graphitgesteinen. Der Graphitanteil ist das entscheidende Merkmal für die Abgrenzung dieser Keramikklasse, wobei man davon ausging, daß angesichts der großen Mengen an Keramikscherben die Klassenzuordnung nur aufgrund makroskopischer Beobachtungen erfolgen kann. Unter diesem Gesichtspunkt wurden die 54 Proben mit Graphitbeimischung vorerst in zwei Gruppen geteilt (LOSKOTOVÁ - PROCHÁZKA 1997, 200). Die erste Gruppe enthält 1-11% Graphit (meist nicht mehr als 5%), der makroskopisch gar nicht zu erkennen ist, so daß diese Gruppe normalerweise nicht zur Graphittonkeramik gerechnet wird. Bei den meisten Proben aus dieser Gruppe konnte man keine Graphitgesteine erkennen, was darauf hinzudeuten schien, daß der Graphit hier wenigstens teilweise organischer Herkunft ist. Die zweite, zahlreichere Gruppe enthält etwa 21-81% Graphit, im Durchschnitt um 50% (Petrov 54%, Josefská-Stráve 46%, Radnická-Stráve 52%). Makroskopisch sind die Unterschiede im Graphitanteil auch auf den Anschliffen nur schwierig zu erkennen, da der Graphit nicht nur als Bestandteil der Magerung, sondern auch in der Tonmatrix anwesend ist.

Bei einer detaillierteren Untersuchung der Proben gelang es, die Graphittonware in vier von den fünf oben erwähnten Gruppen einzuordnen, nämlich in die Gruppen A, B, D, E ; Gruppe C kommt zwar auf jungslawischen Fundplätzen Südwestmährens vor (BERÁNKOVÁ 1996), aber nicht in unserer Probekollektion aus Brno (Tab. 1). Die "echte", makroskopisch leicht erkennbare Graphittonware entfällt auf die Gruppen A und B. Gruppe B, bei der die Graphitgesteine (Phyllite usw.) nur vereinzelt oder gar nicht vertreten sind, läßt sich mit der *Irdenware mit fein gemahltem Graphit* identifizieren. Makroskopisch eindeutig als Graphittonkeramik zu bezeichnen sind aber auch zwei Proben aus Gruppe D, bei denen man Kohlenstoff organischer Herkunft vermuten darf. Der Großteil der Keramik dieser Gruppe hat jedoch nur einen geringen Graphitanteil in der Tonmatrix, nämlich weniger als 10%. Noch niedriger ist der Graphitanteil bei Gruppe E. Bei einer Sortierung mit makroskopischen Methoden würde man die Gruppe E und auch die meisten Exemplare von Gruppe D nicht zur Graphittonware rechnen.

Was die Gesteine der Magerung in der Graphittonkeramik betrifft, so handelt es sich anscheinend hauptsächlich um Graphitschiefer und -Phyllite, seltener auch um Graphit-Metaquarzite. Der Großteil des Graphits wurde aus einem Randgebiet der Böhmischo-Mährischen Höhe (Českomoravská vrchovina) importiert, und zwar von der Nedvědice-Höhe (Nedvědicá vrchovina). Meist handelte es sich um die Region von Vranov - Olešnice - Velké Tresné etwa 38-42 km nördlich bis nordwestlich von Brno, in einem Fall auch um die Umgebung von Nedvědice (33 km nordwestlich von Brno). In anderen, nicht genauer bestimmaren Fällen dürfte es sich um weniger bedeutende Lagerstätten am Rande des Moravikums handeln, an der Grenzzone des Moravikums und der Glimmerschieferzone, die wahrscheinlich meist auch im Rahmen der Nedvědicer Höhe zu suchen sind. Bei den meisten Proben bestand die Magerung nur aus Graphitkörnern und Bruchstücken anderer Gesteine aus dem betreffenden Graphitabbaugebiet, bei einem geringeren Teil der Proben fanden sich in der Magerung auch Bruchstücke von Gesteinen aus der Umgebung von Brno. Die Herkunft von zwei untersuchten Fragmenten sucht man wegen des Vorkommens von Chiastolit-Schiefen in der Region von Železné hory in der Umgebung von Herálec (Ort Holetín? etwa 83 km nordwestlich von Brno). Eine Probe liegt ganz außerhalb der untersuchten Serie; die mineralogische Zusammensetzung der Magerung (Turmalin, Zyanit, Granat, Amphibol, Zoisit, Glimmerschiefer) weist auf das Gesenke (Jeseníky) in Nordmähren, der Topf selbst mag in der Umgebung von Mohelnice im oberen Marchgebiet erzeugt worden sein.

Nur eine Minderheit der Fragmente war mit Engobe bedeckt. Die Analysen zeigen, daß die Töpfe in einen feinen, lehmigen Schlamm getaucht wurden. Manchmal wurde der Ton der Engobe fein mit Quarzit und zerschmetterten Karbonaten gemagert (zufällig?). In der Engobe der Scherbe aus dem Gebiet von Železné hory wurden kleine Blättchen von Biotit festgestellt. Den falschen Eindruck einer Engobe kann auch die "Limonitisierung" der Oberfläche hervorrufen, d.h. im Brennprozess wurde die äußere Oberfläche mit einer dünnen Schicht von Fe-Oxyden bedeckt.

Die Brenntemperatur übersteigt meist nicht 700°C, in einem Fall betrug sie schätzungsweise etwa 500-600°C, in einem anderen Fall immerhin 900°C. Die Brennatmosphäre war wechselnd,

oxydierend bis reduzierend. Davon, daß eines dieser Milieus absichtlich geschaffen wurde, kann man aber kaum sprechen.

## Literaturverzeichnis

BERÁNKOVÁ, V.

- 1996.: Grafitová keramika z jihozápadní Moravy. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Lehrstuhl für Mineralogie, Petrographie und Geochemie der Masaryk-Universität Brno.

ČÍZEK, J.

- 1994: Geochemické posouzení grafitu z pozdně laténského sídliště u Milovic, okr. Břeclav (Geochemische Analyse des Graphits aus der spätlatènezeitlichen Siedlung bei Milovice, Bez. Břeclav). Časopis Moravského Muz. Vědy Společenské 79, 95-99.

LOSKOTOVÁ, I. - PROCHÁZKA, R.

- 1996: Keramik von Brno (Brünn) des 12./13. Jahrhunderts. In: Pravěk NŘ 6, 199-228 (Beitrag im Rahmen der internationalen Konferenz "Mittelalterliche Keramik im Wandel", Juni 1996, Brno).