

Aus dem Archäologischen Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften

## Restaurierung in Kalkmörtel gebetteter mittelalterlicher Ofenkacheln

G. Duma

Bei der Wiederherstellung des mittelalterlichen Palastes in der Festung Buda — am rechten Donauufer in Ungarns Landeshauptstadt gelegen — kam es zum Abbruch der Mauer eines Hauses aus der Zeit der Türkenbelagerung. Das Bindemittel der Mauer bestand aus einem weißgefärbten Kalkmörtel besonders hoher Festigkeit, der gröberen Flußsand und kleinere Kiesel enthielt. Im Füllstoff befanden sich auch Brocken glasierter Ofenkacheln. Es stellte sich heraus, daß diese Bruchstücke Teile eines früher aufgefundenen Ofens aus dem 15. Jahrhundert waren. Im Hinblick auf die Rekonstruktion dieses Ofens war das Restaurieren und Zusammenfügen der Kachelfragmente von besonderer Wichtigkeit.

Es stellte sich bald heraus, daß die Kacheln sich nur mit großer Mühe und außergewöhnlicher Umsicht aus dem harten Mörtel herausmeißeln ließen. Die Oberfläche der freigelegten Bruchstücke war vom schotterigen Mörtel nahezu völlig bedeckt (Abb. 1). Von der glasierten Oberfläche der Kacheln ließ sich der Mörtel mit mechanischen Mitteln unschwer ablösen. Er zeigte eine glatte, zusammenhängende Fläche, welche die Formen der darunter befindlichen Kachel genau nachzeichnete. Die Mörteloberfläche, welche jahrhundertlang mit der Glasur in Kontakt gewesen war, hatte sich infolge korrosiver Wirkung stellenweise mit blättrig abgelösten Glasurteilchen bedeckt, die eine hauchdünne Haut bildeten. An solchen Stellen zeigte die Oberfläche der weißtonigen Mörtelschicht einen schwachen Perlmuttglanz und machte infolge des anhaftenden Glasurstoffes einen glasartigen Eindruck. Im Gegensatz zu den mit Glasur bedeckten Oberflächen haftete die Mörtelschicht auf der Grundsubstanz der Kachel, also auf den unglasierten Teilen, insbesondere aber auf den groben Bruchflächen, derartig, daß eine Abtrennung auf mechanischem Wege unmöglich war (Abb. 2). Eine solche Reinigung war jedoch zum einwandfreien Aneinanderversetzen der Fragmente erforderlich, wobei eine Beschädigung des Kachelmaterials unter allen Umständen zu vermeiden war. Versuche ergaben, daß der Mörtel auch chemischen Einwirkungen gegenüber außerordentlich starken Widerstand leistete. Eine Ablösung des Mörtels mit Hilfe chemischer Mittel kam jedoch im Hinblick auf die Schonung der glasierten Oberflächen ohnedies nicht in Frage.

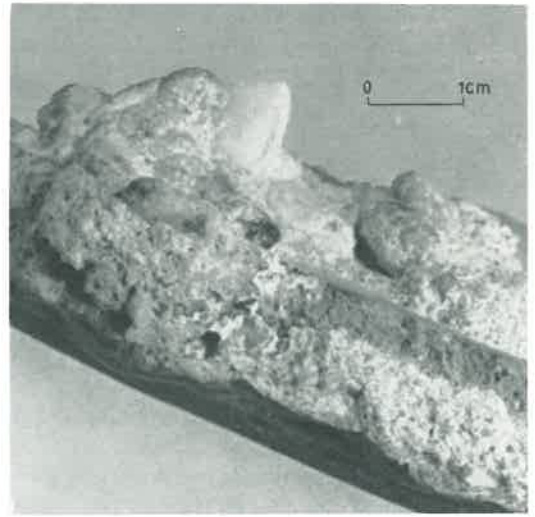
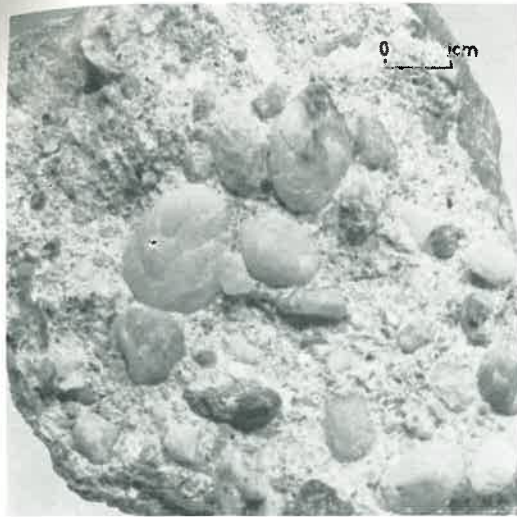


Abb. 1 (links): Auf der unglasierten Oberfläche der Ofenkachel erhärteter schotteriger Mörtel.

Abb. 2 (rechts): Bruchfläche des mit Kalkmörtel bedeckten Scherbens.

Da die Entfernung der Mörtelschicht zur Wiederherstellung der Kacheln unerlässlich war und sich sowohl die mechanischen wie auch die chemischen Verfahren als unzulänglich erwiesen hatten, wurde der Versuch gemacht, die Reinigung der Kacheln in einer Weise vorzunehmen, die in der Praxis des Restaurators ungewöhnlich ist, nämlich auf thermischem Wege.

Zur Erforschung der bei der Wärmebehandlung zu erwartenden Veränderungen des Materials wurden derivatographische Versuche unternommen. Sie ergaben, daß das im Mörtel enthaltene Karbonat bei verhältnismäßig niedriger Temperatur und zwar bereits bei  $840^{\circ}\text{C}$  zersetzbar ist. Die Versuche ergaben, daß die Spitzentemperatur der auf den DTA-Kurven erscheinenden auf Karbonatzersetzung deutenden endothermen Reaktion sich in Relation zur Brennzeit gegen die niedrigeren Temperaturbereiche verschiebt (Abb. 3). Die Untersuchungen bestätigten, daß ein vierstündiges Brennen bei  $820^{\circ}\text{C}$  zur Zersetzung des Karbongehalts des Mörtelstoffes hinreichend ist. Das in dieser Weise behandelte Stück Mörtel, nach dem Erkalten in Wasser getaucht, zerfiel mit erstaunlicher Heftigkeit. Mit Hilfe dieses Verfahrens gelang es, auch von den unglasierten Brocken der Kacheln den Mörtel zu entfernen, da bei der angewandten niedrigen Temperatur und der verhältnismäßig kurzen Dauer der Einwirkung die Bildung von Kalziumsilikaten zwischen Kachel und Mörtelstoff in einem nennenswerten Maße noch nicht stattfinden konnte. Infolge der oxydierenden Wirkung des Nachbrennens im elektrischen Ofen wurde die rotbraune Tönung des Kachelgrundstoffes aufgehellt. Außer dieser geringen Farbänderung verursachte das Brennen keine mit physikalischen oder chemischen Mitteln nachweisbare Veränderung.

Die überwiegende Mehrzahl der Ofenkachelbrocken erwies sich als unglasiert. Trotzdem erschien es ratsam, die Einwirkung des Brennens auch auf die mit grün- und braungefärbten Töpferglasuren überzogenen Oberflächen zu untersuchen.

Aus der Struktur der Glasuren ergibt sich, daß ihre Schmelzverhältnisse ebenfalls durch die Temperatur und die Dauer des Brennens determiniert werden. Unter Beachtung dieses Umstandes konnte festgestellt werden, daß bei der zur Zersetzung des Karbonatgehalts des Mörtels erforderlichen Temperatur und Zeit auf der Oberfläche der Glasuren schon erste Zeichen des Schmelzens erscheinen. Jedoch ist die Viskosität der Glasur unter den gegebenen Umständen noch immer beträchtlich, so daß ihre Substanz keineswegs als Schmelze aufgefaßt werden kann.

Die Glasuren der Ofenkacheln befinden sich unmittelbar auf der Fläche der rotbraunen Scherben, vorwiegend auf der diese bedeckenden Engobeschicht. Seinerzeit, während des Ausbrennens der Ofenkacheln, haben die Glasuren in geschmolzenem Zustand das Material des unter ihnen befindlichen Scherbens — an der Grenzstelle der Glasurschmelze — zum Teil aufgeschlossen. Infolge der Lösewirkung der Glasur entstandene Schichten dürften den Farbton durchsichtiger Glasuren jedenfalls beeinflußt haben.

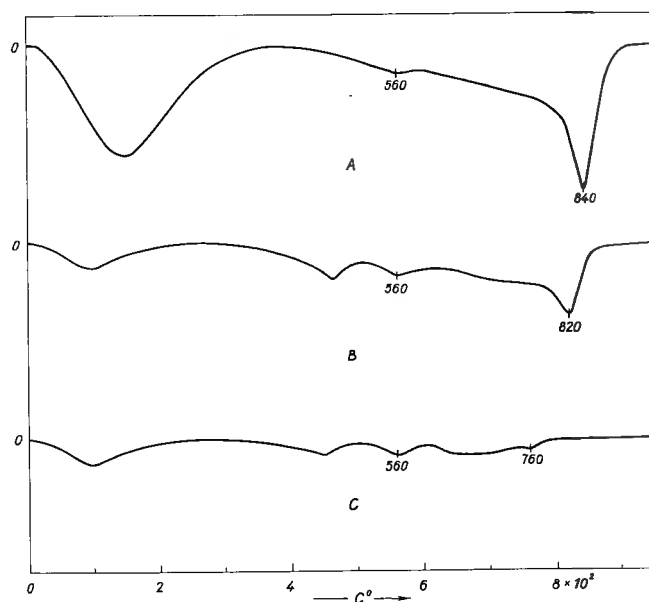


Abb. 3: DTA-Kurven des Mörtelmaterials. A) in rohem Zustand, unbehandelt; B) nach einstündiger Behandlung bei  $820 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; C) nach vierstündiger Behandlung.

sich als unglasiert.  
s auch auf die mit  
erflächen zu unter-

erhältnisse ebenfalls  
nert werden. Unter  
ß bei der zur Zer-  
peratur und Zeit auf  
s erscheinen. Jedoch  
ändern noch immer  
aufgefaßt werden

auf der Fläche der  
ngobeschicht. Seiner-  
lasuren in geschmol-  
scherbens — an der  
nfolge der Lösewir-  
urchsichtiger Glasu-

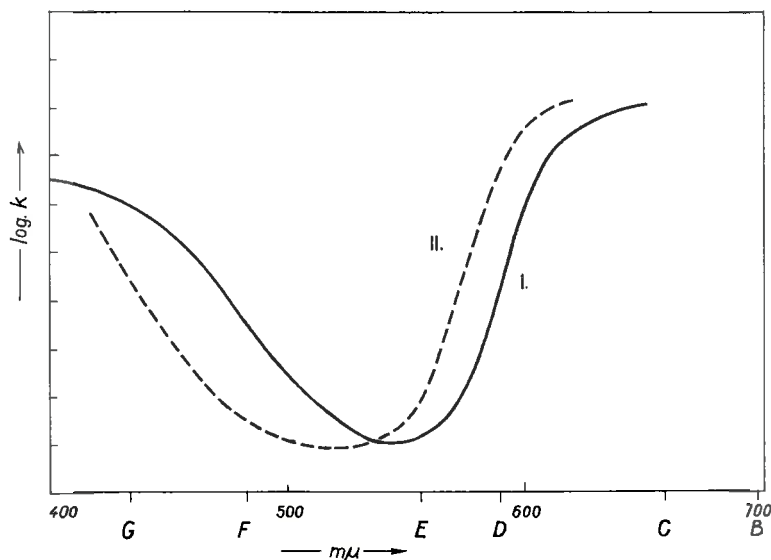
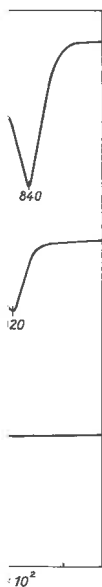


Abb. 4: Absorptionsspektrographische Ergebnisse. Kurve I: typisch für die grasgrüne Glasur der Ofenkachelbrocken. Kurve II: charakteristisch für bläulich abgetönte Glasuren gleicher Zusammensetzung, jedoch bei niedrigerer Temperatur gebrannt.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die aufschließende Wirkung der Glasschmelze bei den durchsichtigen braunen Bleiglasuren — wenn sie sich auf rotbraungefärbten Scherben befinden — geringere, auf weißer Engobeschicht kaum merkbare Verfärbungen verursacht. Unsere Versuche haben bestätigt, daß die Farbtonung der vorliegenden braunen Glasuren selbst bei der zum Entfernen der Mörtelschicht erforderlichen Temperatur keine Änderung erleidet, auch ist das Verfärben des Grundmaterials nur unwesentlich. Im Farbstoff von braunen Glasuren ist das dreiwertige Eisenion  $Fe^{3+}$  in gitterbildender Form gegenwärtig. Die Bindung ist unter den gegebenen Umständen außergewöhnlich fest. Es ist infolgedessen nicht zu befürchten, daß die schädliche verfärbende Wirkung zweiwertiger  $Fe^{2+}$ -Ionen zur Geltung gelangt. Anders liegen die Verhältnisse bei der grünen Farbe mit Kupferoxyd abgetönter Töpferglasuren. Diese enthalten selbst geringe Mengen verschiedener Ionen — in vorliegendem Fall handelt es sich um Al- und Fe-Ionen — welche den Farbton wesentlich beeinträchtigen können. Das Aufschließen des Grundmaterials jener Glasuren — sowohl bei der roten Scherbe, wie auch bei der weißen Engobeschicht — ist in gleichem Maße schädlich und wird bei steigender Temperatur wesentlich erhöht. Bei der zum Entfernen der Mörtelschicht erforderlichen Temperatur und Zeit kann die aufschließende Wirkung der grünen Glasur der Kachelbrocken jedoch kaum zur Geltung gelangen. Der Farbton mit Kupfer abgetönter Bleiglasuren kann, unabhängig von der aufschließenden Wirkung des Grundstoffes, selbst durch die Umstände des Ausbrennens weitgehend beeinflußt werden. Der Farbton von kupfergrünen Glasuren hängt letzten Endes von den Koordinationsverhältnissen des zweiwertigen  $Cu^{2+}$ -



unbehandelt; B) nach  
llung.

Ions ab. Das zweiwertige Kupferion ergibt bei höchster Koordinationszahl eine türkisblaue Tönung; bei abnehmender Koordinationszahl verschiebt sich die Farbe der Glasur nach und nach in der Richtung eines wärmeren Grüntons. Die Koordinationszahl des Kupferions wird durch die Zusammensetzung der Glasur weitgehend bestimmt. Also kann das Kupfer in Bleiglasuren infolge des Sauerstoffentzugs der  $Pb^{2+}$ -Ionen nur grüne Farbe ergeben. Unsere Versuche haben erwiesen, daß der grüne Farbton von Bleiglasuren (die Koordinationsverhältnisse des Kupferions) nicht nur durch die Gegenwart bestimmter Ionen, sondern innerhalb gewisser Grenzen auch durch die Brenntemperatur entscheidend beeinflusst werden kann. Mittels absorptionsspektrographischer Aufnahmen der Glasuren kann man geeignete numerische Werte erhalten zum Vergleich jener sichtbaren Farbtonänderungen von grünfarbenen Glasuren.

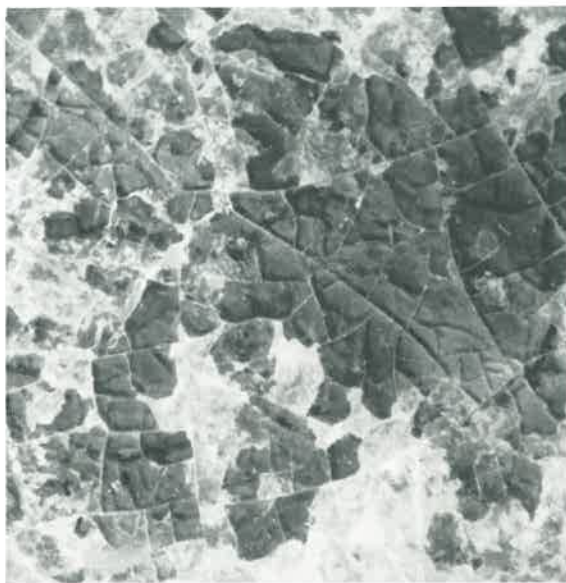


Abb. 5: Stark korrodierte Oberfläche der Kachel. Mikroskopische Aufnahme im Auflicht.

Im Laufe der Experimente wurde die Erfahrung gemacht, daß bei den angewandten Glasuren — deren Zusammensetzung innerhalb den Grenzen  $2 PbO \cdot SiO_2$  bis  $PbO \cdot 1,5 SiO_2$  lag — die Extinktionskurven bei erhöhter Temperatur gebrannter Glasuren in sämtlichen Fällen in der Richtung größerer Wellenlängen — also vom Blaugrünen gegen das Gelbgrüne — verschoben wurden. Die vorangehend bei niedriger Temperatur ausgebrannten, folglich blaugrün erscheinenden Glasuren erhielten beim Nachbrennen auf einer höheren Temperaturstufe einen wärmeren, grasgrünen Farbton. Die bei erhöhter Temperatur erhaltenen Farbtöne werden auch nach wiederholtem Brennen bei niedriger Temperatur nicht mehr verändert.

dinationszahl eine  
iebt sich die Farbe  
tons. Die Koordi-  
der Glasur weit-  
ge des Sauerstoff-  
uche haben erwie-  
nsverhältnisse des  
sondern innerhalb  
beeinflußt werden  
lasuren kann man  
aren Farbtonände-



Aufnahme im Auf-

daß bei den ange-  
grenzen  $2 \text{ PbO} \cdot \text{SiO}_2$   
emperatur gebrann-  
Zellenlängen — also  
n. Die vorangehend  
cheinenden Glasuren  
ife einen wärmeren,  
en Farbtöne werden  
icht mehr verändert.

Es konnte auch festgestellt werden, daß die bläuliche bzw. grasgrüne Tönung bei derselben Glasur von der Brenntemperatur abhängt, jedoch nicht von der Brenndauer beeinflusst wird. Da die chemische Zusammensetzung der grünen Glasuren jener Ofenkachelbrocken zwischen den obengenannten Grenzen lag, könnte auch ihr grüner Farbton mittels Nachbrennens verändert werden, wenn das wiederholte Brennen bei höherer Temperatur erfolgte als es ursprünglich geschah.

Die Absorptionsspektren von glasierten Oberflächen jener in Mörtel gebetteten grünen Ofenkacheln weisen die bereits ins Grasgrüne übergehende, warme Farbtonung auf, die den über  $900^\circ \text{ C}$  gebrannten, mit Kupferoxyd abgetönten Bleiglasuren eigen ist (Abb. 4). Infolgedessen könnte sich der Farbton der grünen Oberflächen auch dann nicht verändern, wenn die Temperatur des Nachbrennens  $820^\circ \text{ C}$  überstiege. Erfolgt das Brennen bei niedrigerer Temperatur, so ist die Viskosität beider Glasurschmelzen immer noch beträchtlich. Sie befinden sich in nahezu festem Zustand, was ihre Fortbewegung, ihr Zerfließen auf den Scherbenoberflächen verhindert. Es ist diesem Umstand zu verdanken, daß die Schichtdicke der Glasuren, die Lage der oxydischen Verunreinigungen, die scharfen Grenzlinien der Glasuroberflächen und viele ihrer sonstigen Eigenschaften unverändert blieben. Die Oberfläche der Glasuren hatte infolge der Wassereinwirkung unter der Erde zum Teil ihren Glanz eingebüßt, irisierte stellenweise, was nicht selten zu Verdeckungseffekten führte. Mit Beginn des Schmelzens — das praktisch eine Wiederholung des Verglasens darstellt — ist die Rückgewinnung der ursprünglichen Erscheinung möglich (Abb. 5).

Wie aus dem Vorangehenden ersichtlich, erwies sich das beschriebene Verfahren als geeignet, hartnäckig haftende Mörtelschichten von Ofenkachelfragmenten zu

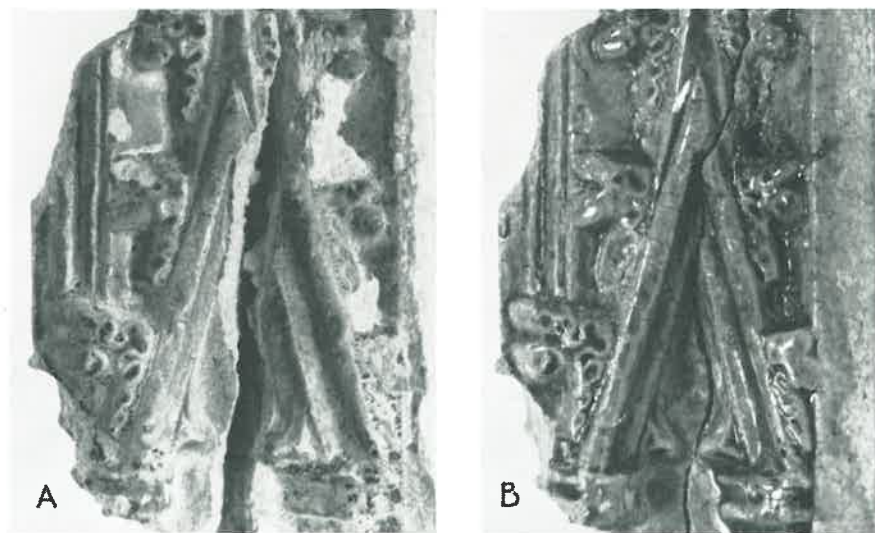


Abb. 6: Grün-glasierte Ofenkachelbrocken mit Mörtelmateriale auf der Bruchfläche. A) vor und B) nach der Wärmebehandlung.

entfernen, ohne die glasierten Oberflächen zu verändern. Die Befreiung der Bruchflächen vom schotterigen Mörtelstoff ermöglichte das Zusammensetzen der Fragmente und die Rekonstruktion der Kacheln (Abb. 6). Das Verfahren kann aber nur für bestimmte Fälle angewandt werden und erfordert höchst umsichtiges Vorgehen.

#### **Zusammenfassung:**

An Fragmenten mittelalterlicher Ofenkacheln hartnäckig haftende Mörtelschichten ließen sich durch Nachbrennen bei 820 ° C leicht entfernen. Die Glasuren der Kacheln wurden bei dieser Temperatur nicht nachteilig verändert, sondern im Gegenteil im Farbton aufgefrischt und in der Struktur regeneriert. Das Verfahren kann nur in bestimmten Fällen angewandt werden und erfordert höchst umsichtiges Vorgehen.

#### **Summary:**

Stubbornly adhering mortar on fragments of mediaeval oven tiles was easily removed by refiring at 820 ° C. This had no adverse effect upon the glaze; on the contrary its colour was freshened up and its structure regenerated. This method is applicable only in certain cases and must be employed with the utmost care.

#### **Résumé:**

Après avoir retrouvé des morceaux de faïence provenant d'un poêle du moyen-âge il s'agissait d'en détacher les morceaux de mortier à la chaux qui y adhéraient encore solidement sans risquer d'abîmer la glaçure déjà rendue fragile par la présence de la chaux pendant plusieurs siècles. Ce procédé qui comprend une cuisson à 820° permet non seulement d'enlever sans danger le mortier, mais encore il redonne un aspect de "neuf" à la glaçure tout en ravivant ses tons sans en changer la couleur. Il ne faut évidemment utiliser ce procédé qu'avec une grande prudence et dans des cas bien déterminés.

Anschrift des Verfassers: Prof. G. Duma, Magyar Tudományos Akadémia, Régészeti Kutató Csoportja, Budapest I, Üri Utca 49.

---

DER PRÄPARATOR — ZEITSCHRIFT FÜR MUSEUMSTECHNIK — herausgegeben und verlegt von E. Breiner, 53 Bonn, Poppelsdorfer Schloß, erscheint vierteljährlich und zwar im Januar, April, Juli und Oktober. Jahresabonnement DM 18,—, Ausland DM 20,— einschl. Umsatzsteuer und Porto, für Mitglieder der auf dem Titelblatt genannten Verbände Sonderregelung. Sonderausgaben sind im Abonnement nicht eingeschlossen. Das Abonnement wird automatisch verlängert, wenn nicht 3 Monate vor Jahresschluß Abbestellung erfolgt. Auslandsverkauf nur bei Vorauszahlung. Z. Z. gilt Anzeigenpreisliste III vom 1. 1. 1966. Anzeigenschluß jeweils am 25. vor dem Monat des Erscheinens. Zahlungen an E. Breiner, Bonn, Postscheckkonto Köln 477 41 — Deutsche Bank, Bonn 021 0013 — Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei.