DEUTSCHES ARCHÄOLOGISCHES INSTITUT

EURASIEN-ABTEILUNG AUSSENSTELLE TEHERAN

ARCHÄOLOGISCHE MITTEILUNGEN AUS IRAN UND TURAN

BAND 35-36

2003-2004

SCHRIFTLEITUNG BERLIN IM DOL 2-6
DIETRICH REIMER VERLAG GmbH · BERLIN

Inhalt

Aufsätze

Boroffka, N. G. O., Bajpakov, K. M., Achatov, G. A., Eržanova, A., Lobas, D. A. und Savel'eva, T. V., Prospektionen am nördlichen Aral-See, Kazachstan	1
Franke-Vogt, U., Sohr Damb/Nal (Balučistan, Pakistan). Ergebnisse der Grabungen 2001, 2002 und 2004	83
Piller, C. K., Zur Mittelbronzezeit im nördlichen Zentraliran – Die Zentraliranische Graue Ware (Central Grey Ware) als mögliche Verbindung zwischen Eastern und Western Grey Ware	143
Korfmann, M. O., P'ic'xelauri, K., Bertram, JK. und Kastl, G., Erster Vorbericht zu den Vermessungs- und Ausgrabungsarbeiten in Udabno (Ostgeorgien) 2000–2004. Mit Beiträgen von Ch. Hübner, St. Giese, A. Grubert und B. Maus	175
Mofidi Nasrabadi, B., Archäologische Untersuchungen in Haft Tape (Iran)	225
Mofidi Nasrabadi, B., Untersuchungen zu Siedlungsstrukturen in der Peripherie von Čoġā Zanbil (Dur Untaš)	241
Bernbeck, R., Politische Struktur und Ideologie in Urartu.	267
Kapmeyer, H., Zur Herstellung urartäischer Palastkeramik	313
Schachner, A., Die Keramik der Grabungen 1993 am Džandavlattepe, Süd-Uzbekistan .	335
Lerner, J. D., Correcting the Early History of $\bar{A}y$ $\underline{K}\bar{a}$ nom	373
Il'jasov, J. und Kalter, J., Eine Terrakottaplatte mit Löwenjagd aus der Sammlung des Linden-Museums Stuttgart	411
Luschey-Schmeisser, I., Der Meister des "Aleppo-Zimmers" und der Schöpfer der Blau-Weiß-Paneele in Istanbul: Zwei persische Künstler?	419
Buchbesprechungen	
Mark B. Garrison and Margaret Cool Root, Seals on the Persepolis Fortification tablets (E. Ehrenberg)	435
Heidemarie Koch, Persepolis – Glänzende Hauptstadt des Perserreichs (B. Jacobs)	442
Pierre Briant, Irrigation et drainage dans l'Antiquité, qanāts et canalisations souterraines en Iran, en Égypte et en Grèce. Séminaire tenu au Collège de France. Persika 2 (N. Boroffka)	451

Zur Herstellung urartäischer Palastkeramik

Von Hannelore Kapmeyer, Marburg

Die monochrome ,rote feinpolierte Palastkeramik' ist eine charakteristische urartäische Feinkeramik, die nahezu ausschließlich im Gebiet des urartäischen Reichs verbreitet ist. Sie wird als Palastkeramik bezeichnet, da sie hauptsächlich im Kontext von Palästen und Burganlagen des 9. bis 7. Jhs. v. Chr. gefunden wurde. In dörflichen Haushalten und in kleineren Festungen ist die Ware relativ selten vorhanden. Ihr Anteil an der gesamten Keramik der großen urartäischen Anlagen beträgt in Durchschnitt kaum mehr als 5 %; das Gros der Keramik besteht aus tongrundiger Haushaltsware¹.

Die aus fein geschlämmtem Ton auf der Scheibe hergestellte Ware wurde oxidierend gebrannt. Die Farbe ihrer glänzenden Oberfläche variiert von einem gelblichen bis zu einem dunklen kirschroten Braun. Das Formenspektrum beschränkt sich auf wenige Typen: Hauptsächlich sind es Kannen und Trinkschalen, seltener Pokale, Schüsseln und Flaschen. Farbe, glänzende Oberfläche und Form deuten darauf hin, dass man versucht hat, die wertvolleren Metallgefäße aus Bronze und Silber nachzuahmen².

Über die Herkunft der Palastkeramik ist bislang noch kaum etwas bekannt. Monochrome rotbraune, glänzende Feinkeramik wurde in Zentralanatolien bereits seit dem Ende des 3. Jts. v. Chr., insbesondere in der Karumzeit hergestellt, ist aber im 1. Jt. v. Chr. bei den eisenzeitlichen Kulturen kaum noch zu finden. In Transkaukasien dagegen wurde seit Beginn des 2. Jts. v. Chr. bis in das 1. Jt. hinein bemalte Feinkeramik hergestellt³. Diese Tradition läuft aber mit dem Ende der frühen Eisenzeit im 9. Jh. v. Chr., der formativen Phase des Reiches von Urartu, aus und es dominiert nun die monochrome Palastkeramik.

Wegen der großen Ähnlichkeit der Palastkeramik von verschiedenen Fundorten ist ein zentraler Herstellungsort nicht auszuschließen. Mineralogische Untersuchungen von B. Kleinmann⁴ zur Bestimmung der Mineralien der Palastkeramik von verschiedenen Fundorten zeigten, dass es sich bei den verwendeten Mineralien in allen untersuchten Proben um die gleichen handelt. Da aber diese Mineralien im gesamten Gebiet des urartäischen Reiches geologisch vertreten sind, lässt sich somit keine Aussage zum Herstellungsort machen. Für Herkunftsbestimmungen besser geeignet ist die Messung der Spurenelemente mit Hilfe der Neutronen-Aktivierungs-Analyse (NAA), mit der sich aber nur dann eine gemeinsame Herkunft nachweisen lässt, wenn der Rohton in den Werkstätten auf gleiche Weise geschlämmt und gemagert worden ist.

Die hier beschriebenen Untersuchungen richten sich auf die Herstellungstechnik der charakteristischen glänzenden Oberfläche der Palastkeramik. Die Ware wird in der Literatur allgemein als "poliert" beschrieben, doch schon bei genauerer Betrachtung melden sich Zweifel an. So ist das Ziel der Arbeit, die folgenden Fragen zu klären:

1. Wurde die glänzende Oberfläche durch Polieren erzeugt oder entstand der Glanz durch Verwendung eines Überzuges, der beim Brand der Ware versinterte?

¹ Kroll 1976a, 107-108.

² Kroll 1976b, 62-63.

³ Kroll 1976a, 163-165.

⁴ Kleinmann 1976, 64–66.

- 2. Welche chemische Zusammensetzung hat die Oberflächenschicht und gibt es charakteristische Unterschiede zwischen der Elementverteilung von Oberflächenschicht und Scherbenkern?
- 3. Ist die chemische Zusammensetzung von Oberflächenschicht und Scherbenkern bei Palastkeramik aus unterschiedlichen Fundorten gleich bzw. sehr ähnlich, oder sind deutliche Unterschiede zu erkennen?

Für die Untersuchungen standen Scherben aus Toprakkale (antiker Name: Rusahinili) am östlichen Ufer des Van-Sees und aus Bastam (antiker Name Rusai-URU.TUR) im Nordwest-Iran zur Verfügung. Die Oberflächenstruktur und Morphologie der Keramik wurde durch Vergrößerungen mit Binocular und Rasterelektronenmikroskop (REM) betrachtet. Vergleiche der Elementzusammensetzung von Oberfläche und Scherbenkern erfolgten am REM mit einem EDX-Analyse-System (Energy Dispersive X-Ray-Detector). Obwohl die EDX-Analyse nur eine halbquantitative Messgenauigkeit liefert, lassen sich die Mengenverhältnisse der Hauptelemente ermitteln, wenn unter gleichen Messbedingungen gearbeitet wird und Mehrfachmessungen durchgeführt werden. Die Arbeiten von W. Noll⁵ konnten dies zeigen.

Mit der von M. S. Tite und Y. Maniatis⁶ beschriebenen Methode des Nachbrennens von Keramik wurde die ursprüngliche Brenntemperatur über den Versinterungsgrad abgeschätzt. Veränderungen von Farbe und Glanz beim Nachbrennen lassen Rückschlüsse auf die verwendeten Tone und die Oberflächenbehandlung zu.

Material

Das Material umfasst Scherben von geschlossenen und offenen Gefäßen sowie von Henkeln. Die Scherben sind ein- oder beidseitig mit einem glänzenden Überzug versehen, dessen Farbe von orange-rotbraun, rotbraun bis hin zu karmin-rotbraun variiert.

Von den zur Verfügung stehenden Scherben wurden für die aufwendigen Untersuchungen am REM je vier Proben von jedem Fundort untersucht.

Palastkeramik aus Toprakkale

Untersucht wurden Oberflächenfunde aus dem Burgbereich von Toprakkale aus den Beständen der Lehrsammlung des Vorgeschichtlichen Seminars der Philipps-Universität Marburg (*Abb. 1–3*). Die Kollektion umfasst 3 Randscherben mit dünner Wandung und leicht ausbiegender Lippe (T-9545, T-9548, T-9552); 2 Randscherben mit verdicktem Rand und eingezogener Lippe (Schwapprand) sowie ein bis zwei umlaufenden, breiten flachen Rillen auf der Außenseite (T-9550, T-9551); 1 Wandscherbe im Bereich der Schulter mit einer umlaufenden, vorstehenden spitzen Profillinie (T-9555); 7 Bodenscherben mit einem Teil des Ringfußes und einem mehr oder weniger großen Wandungsteil (T-9539, T-9540, T-9541, T-9542, T-9543, T-9544, T-9558); 12 Bandhenkel, 2,0 bis 2,8 cm breit, mit einer leicht eingesattelten Oberseite, davon 3 ohne Gefäßansatz (T-9530, T-9536, T-9537), 5 mit Ansatz am Gefäßrand (T-9529, T-9531, T-9532, T-9538, T-9557) und 4 mit Ansatz am Gefäßbauch (T-9526, T-9527, T-9533, T-9535).

⁵ Noll 1991, 8-14.

⁶ Tite/Maniatis 1975, 122-123.

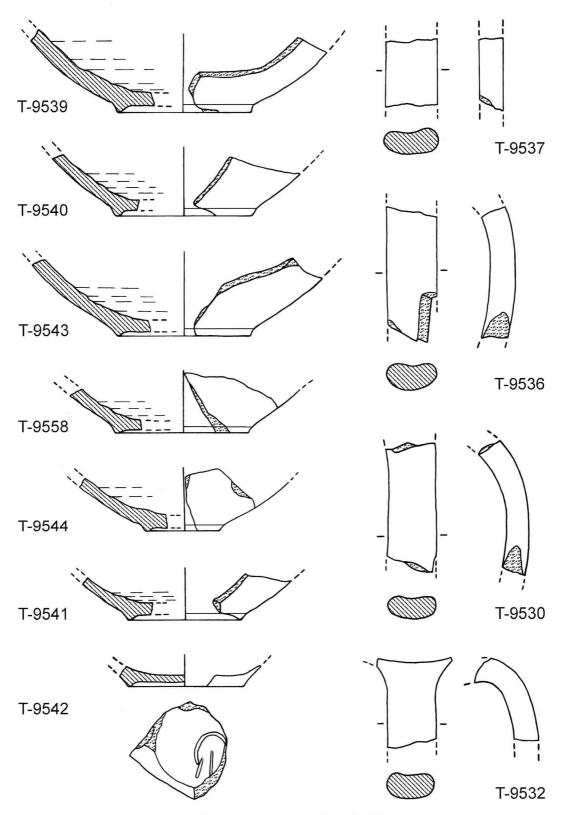


Abb. 1. Toprakkale. Urartäische Keramik. M 1:2.

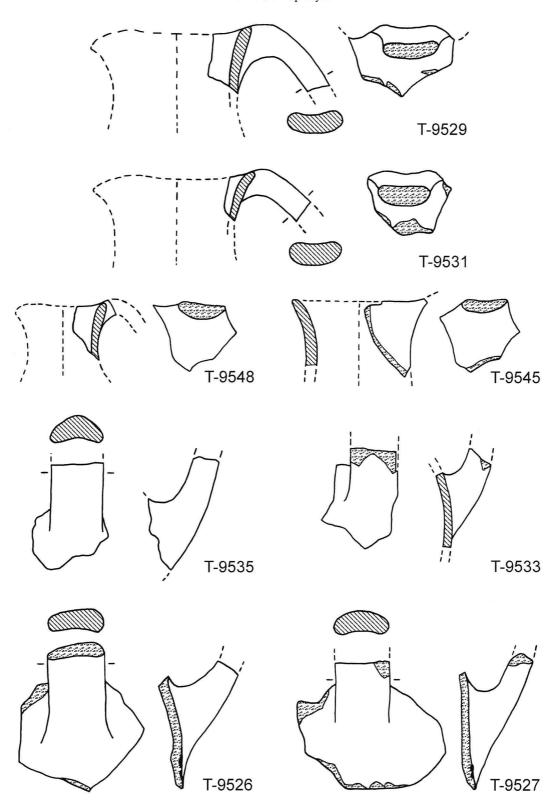


Abb. 2. Toprakkale. Urartäische Keramik. M 1:2.

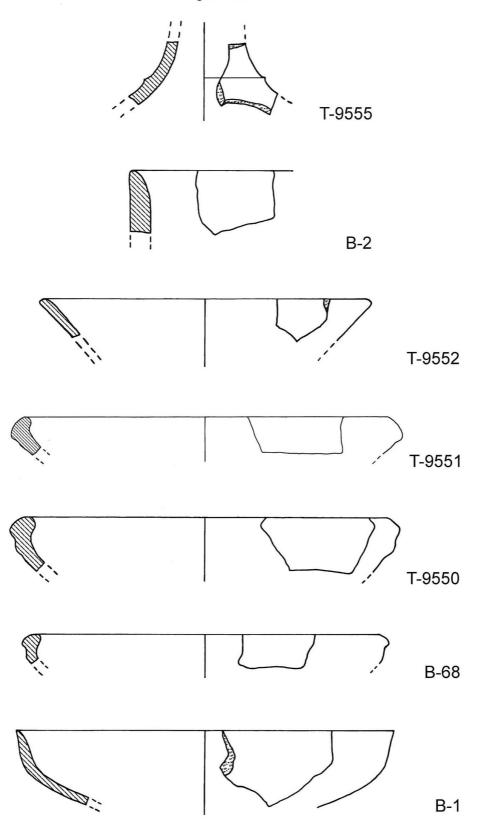


Abb. 3. Toprakkale und Bastam. Urartäische Keramik. M $1\!:\!2,$ außer T-9551 M $1\!:\!3.$

Palastkeramik aus Bastam

Insgesamt 6 Scherben aus Bastam wurden von Dr. Stephan Kroll (München) zur Verfügung gestellt (*Abb. 3*). Sie umfassen 2 Randscherben mit 0,4 bzw. 1,0 cm Wandstärke mit sich verjüngender Lippe (B-1, B-2); 1 Randscherbe mit verdicktem Rand und eingezogener Lippe (Schwapprand) und einer umlaufenden flachen Rille auf der Außenseite (B-68); 2 Wandscherben mit rotem Überzug auf der Außenseite (B-4, B-5) und 1 Bodenscherbe mit einem Teil des Ringfußes und einem Wandungsteil (B-3).

Methoden

Morphologische Untersuchungen erfolgten mit dem Binocular-Mikroskop und dem Rasterelektronenmikroskop CamScan 4 (REM) mit Wolfram-Kathode und angeschlossenem energiedispersivem Röntgenanalyse-System (EDX-Analyse) mit Si-Li-Detektor und Ultradünnfenster⁷.

Mit dem Binokular wurden mit einer bis zu 30 fachen Vergrößerung die Oberfläche und senkrecht zur Oberfläche verlaufende Schnitte betrachtet.

Am REM wurde Sekundärelektronen-Abbildungen (SE-Abbildungen) bis zu einer 3400 fachen Vergrößerung hergestellt. Dazu wurden frisch gebrochene Proben mit Kohlenstoff oder Gold bedampft. Betrachtet wurde die Oberfläche, der Scherbenkern und der Scherbenbruch im Randbereich der glänzenden Oberfläche.

Für Rückstreuelektronen-Abbildungen (RE-Abbildungen) wurden senkrecht zur Oberfläche geschnittene Proben in Harz eingebettet, geschliffen, poliert und anschließend mit Kohlenstoff bedampft.

Qualitative und quantitative Messungen der Elemente wurden am REM mit EDX-Analyse durchgeführt. Für die Messungen wurden mit Kohlenstoff bedampfte Bruchstücke der Oberfläche und des Scherbenkerns verwendet. Zur Mittelwertbildung wurden jeweils verschiedene Flächen einer Probe bei 100- bis 500 facher Vergrößerung gemessen. Die Messzeit betrug 250 Sekunden.

Die quantitative Bestimmung erfolgte für die Elemente Al, Si, K, Ca und Fe. Für die Auswertung wurden die Werte dieser Elemente addiert, auf 100 % gesetzt und daraus der Anteil der einzelnen Elemente berechnet.

Element-Mapping-Abbildungen wurden mit senkrecht zur Oberfläche geschnittenen Scherben aufgenommen. Die in Harz eingebetteten Proben waren poliert und mit Kohlenstoff bedampft. Gemessen wurden sieben Elemente und ein Graubild. Es wurden immer die Elemente Al, Si, K, Ca und Fe ausgewählt und entsprechend den quantitativen Ergebnissen zusätzliche Elemente. Bei einer Auflösung von 512 × 512 Messpunkten betrug die Messdauer ca. 12 Stunden.

Für das Nachbrennen wurden vom Scherben drei Stücke abgesägt und auf $800\,^{\circ}\mathrm{C}$, $900\,^{\circ}\mathrm{C}$ und $1000\,^{\circ}\mathrm{C}$ in einem Ofen mit Temperaturfühler und Temperaturregler in oxidierender Atmosphäre erhitzt. Die Aufheizgeschwindigkeit lag bei $300\,^{\circ}\mathrm{C}$ pro Stunde. Die Haltezeit betrug $30\,\mathrm{Minuten}$.

Durchgeführt wurden die Untersuchungen in der Arbeitsgruppe Elektronenmikroskopie des Instituts für Geologie und Paläontologie der Philipps-Universität Marburg.

Ergebnisse

Farbe

Die Beurteilung der Farben wurde an geschnittenen Scherben durchgeführt. Die Farbe der Oberfläche unterscheidet sich bei allen Scherben deutlich vom Scherbenkern. Einige Beispiele sind in *Tab. 1* im Zusammenhang mit den Nachbrennversuchen aufgeführt.

Bei der Toprakkale-Ware variiert die Farbe der Oberfläche von einem rötlichen Braun bis hin zu orangerotem Braun. Die Oberfläche der Bastam-Ware dagegen hat eine mittlere bis kräftige rotbraune Farbe. Im senkrecht zur Oberfläche geführten Schnitt des Scherbens lässt sich die Oberflächenschicht im Binocular bei 20- bis 30 facher Vergrößerung deutlich erkennen, da sie immer farbintensiver ist als der Scherbenkern.

Scherben beider Fundorte zeigen einen Scherbenkern aus feinem Ton mit vielen weißen und wenigen dunklen, feinen Magerungspartikeln. Die Farbe der Toprakkale-Scherbenkerne zeichnet sich durch ein rötliches Braun aus, während bei der Bastam-Ware hellere Brauntöne vorwiegen. Bei dickwandigen Scherben deutet eine graue innere Zone auf eine unvollständige Oxidation während des Brandes hin.

Es bleibt festzuhalten, dass bei genauer Betrachtung Farbunterschiede zwischen der Palastkeramik aus Toprakkale und Bastam vorhanden sind, sowohl bei der Oberfläche als auch beim Scherbenkern. Diese lassen sich mit unterschiedlichen Mengen an Eisen und Calcium erklären, wie allgemeine Untersuchungen an verschiedenen Warenarten von R. Nöller⁸ zeigten. Wie weit das für die Keramik aus Toprakkale und Bastam auch zutrifft, soll im Zusammenhang mit den Ergebnissen der EDX-Analyse diskutiert werden.

Oberflächenstruktur

Als Hinweis auf eine polierte Oberfläche gelten die gut erkennbaren facettierten Oberflächenstrukturen, die durch die Verwendung eines Poliersteins oder eines anderen glatten Gegenstands beim Polieren entstehen. Durch mehrfaches Wiederholen des Poliervorgangs können diese Spuren aber auch ganz verschwinden.

Facettierte Oberflächenstrukturen konnten bei den untersuchten Scherben beobachtet werden, aber nur im Bereich des Ringfußes und der Gefäßränder, sowie an den Henkeln und deren Ansätzen auf dem Gefäßkörper, dagegen nicht auf der Gefäßwandung. So sind z. B. schon 1 bis 2 cm vom Ringfuß entfernt derartige Polierspuren nicht mehr zu sehen. Abb. 4 zeigt dies an einer Ringfußscherbe mit einem großen Wandungsstück. Auf der Wandung erkennt man feine parallele Linien, die in Form und Verlauf den Drehspuren auf der Innenseite der Scherben ähnlich sind. Auch körnige Unebenheiten treten auf der glänzenden Wandung hervor, die bei sorgfältigem Polieren nicht vorhanden sein sollten. Beim Vergleich mit polierter früh-hethitischer Feinkeramik sind dort derartige feine Linien und Unebenheiten nicht zu erkennen, während römische terra sigillata von schlechter Qualität alle Unebenheiten von der Gefäßherstellung erkennen lässt.

Erklären lassen sich die Oberflächenstrukturen, wenn man sich den Herstellungsablauf eines Gefäßes vergegenwärtigt. Nach dem Drehen werden Boden und Henkel angesetzt, der Rand wird abgestrichen. Die Glättung dieser Bereiche erfolgt dann mit einem

⁸ Nöller 1983, 10ff.

Scherben			Ursprünglich	Nachgebrannt 900 °C	Nachgebrannt 1000 °C	
B-1	Ober-	Farbe	mittleres rötliches Braun	0	+	
	fläche	Glanz	glänzend matt		matt	
	Bruch		Hellbraun	rötliches Hellbraun	(+)	
B-2	Ober-	Farbe	mittleres Rotbraun	0	++, karminrotes Braun	
	fläche	Glanz	glänzend	matt	stumpf	
	Bruch		gräuliches Hellbraun	Hellbraun	+	
B-4	Ober-	Farbe	mittleres Rotbraun	+	++	
	fläche	Glanz	glänzend	stumpf	stumpf	
	Bruch		Hellbraun*	Hellbraun	(+)	
B-5	Ober-	Farbe	kräftiges mittleres Rotbraun	(+)	+	
	fläche	Glanz	glänzend	matt	matt	
	Bruch		Hellbraun	0	0	
T-9527	Ober-	Farbe	mittleres rötliches Braun ++		+++	
	fläche	Glanz	glänzend	stumpf	stumpf	
	Bruch		graues Braun	rötliches Braun	++	
T-9537	Ober-	Farbe	mittleres rötliches Braun	(+)	+++	
	fläche	Glanz	glänzend	matt	stumpf, rissig	
	Bruch		rötliches Braun*	(+)	+++	
T-9539	Ober-	Farbe	mittleres rötliches Braun	++	+++	
	fläche	Glanz	glänzend	stumpf	stumpf	
	Bruch		graues rötliches Braun	rötliches Braun	+++	
T-9544	Ober-	Farbe	mittleres orange-rotes Braun	++, Mittelbraun	++	
	fläche	Glanz	glänzend	stumpf	stumpf	
	Bruch		graues rötliches Braun	rötliches Braun	++	
T-9551	Ober-	Farbe	mittleres orange-rotes Braun	+	+++	
	fläche	Glanz	glänzend	stumpf, rissig	stumpf, rissig	
	Bruch		rötliches Braun*	(+)	++	

Farbveränderung:

0 = unverändert

(+) = sehr wenig dunkler

+ = etwas dunkler

++ = dunkler

+++ = deutlich dunkler

Abnahme des Glanzes: glänzend

natt

stumpf

Tab. 1: Urartäische Palastkeramik. Ergebnisse des Nachbrenn-Experimentes.

^{*} Scherben ursprünglich nicht vollständig oxidierend gebrannt, daher schwärzliche Verfärbung, die beim Nachbrennen bei 800 °C verschwand.

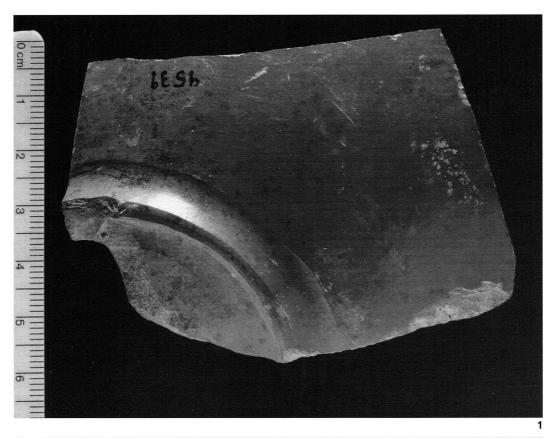
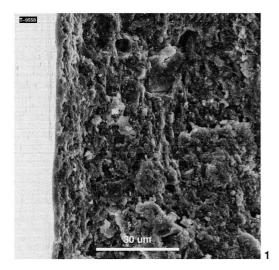




Abb. 4. Toprakkale, Bodenscherbe T-9539. 1 gesamter Scherben; 2 Ausschnitt. Im Bereich des Ringfußes sind Glättspuren zu sehen, während auf der Wandung feine, parallel verlaufende Linien zu erkennen sind.



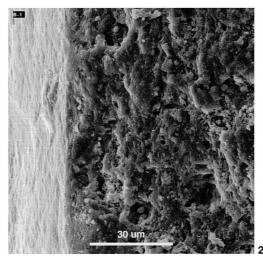


Abb. 5. Urartäische Keramik. 1 Toprakkale, Bruch des Scherbens T-9558. Von links: glänzende Oberfläche, Bruchkante, Überzugsschicht bestehend aus Sinter- und Fließzone (SE-Bild am REM). 2 Bastam, Bruch des Scherbens B-1. Von links: glänzende Oberfläche, Bruchkante, Überzugsschicht bestehend aus Sinter- und Fließzone (SE-Bild am REM).

Hölzchen, Hornstäbchen oder auch mit einem glatten Stein. Da dies gemacht wird, solange der Ton noch relativ feucht ist, entsteht dort eine facettierte Oberfläche, wie dies auch bei der urartäischen Keramik zu sehen ist. Im Bereich der Wandung sind keine Polierspuren zu sehen. Dort sind noch feine, z. T. parallel laufende Drehlinien zu sehen, die nach dem Polieren nicht mehr zu erkennbar wären. Es ist somit unwahrscheinlich, dass die urartäische Keramik poliert worden ist. Erklären lassen sich die Oberflächenstrukturen mit dem Auftrag eines Überzugs nach der endgültigen Fertigstellung des Gefäßes, der alle darunter liegenden Unebenheiten erkennen lässt, sowohl die Drehspuren als auch die Glättspuren. Zu weiteren Klärung dieser Möglichkeit wurden die Morphologie und die chemische Zusammensetzung analysiert.

Morphologie

Die Morphologie des Überzugs wurde durch SE-Abbildungen von frisch hergestellten Brüchen untersucht. $Abb.\ 5.1-2$ zeigen je ein Beispiel aus Toprakkale und Bastam. Bei allen acht untersuchten Scherben lässt sich keine klare Trennung zwischen Überzug und Scherben feststellen. Direkt an der Oberfläche ist eine vollständig versinterte Zone (= Sinterzone), von der aus sich Fließstrukturen zum Scherbeninneren hin gebildet haben (= Fließzone). Innerhalb einer einzigen Probe schwankt die Dicke der Sinterzone zwischen 2 und 4 μ , die Fließzone ist bis zu 20 μ , von der Oberfläche aus gemessen, noch zu erkennen.

Dieses morphologische Bild unterstützt die schon bei der Untersuchung der Oberflächenstruktur gemachte Vermutung, dass die Oberfläche nicht poliert wurde. Die Bilder lassen sich erklären durch das Hineinfließen eines bei niedrigeren Temperaturen schmelzenden Überzugs in den porösen, noch wenig versinterten Scherben. Dabei bleiben die während der Herstellung entstandenen Dreh- und Glättungsspuren erhalten.

Brenntemperatur und Veränderungen bei höheren Temperaturen

Das Nachbrennen der Keramik diente der Bestimmung der ursprünglichen Brenntemperatur und der Beantwortung der Frage, ob Keramik aus Bastam und Toprakkale sich bezüglich Farbe und Glanz der Oberfläche bei Temperaturen, die höher liegen als die ursprüngliche Brenntemperatur, gleich verhalten. Die in *Tab. 1* zusammengestellten Ergebnisse zeigen, dass die Brenntemperaturen nicht viel über 800 °C gelegen haben, da bei 900 °C schon deutliche Veränderungen eintreten.

Eine Gemeinsamkeit der Keramik von den verschiedenen Fundplätzen ist das Verschwinden des Oberflächenglanzes bei 900 °C und die zunehmende Matt- und Stumpfheit der Oberfläche. Unterschiedliches Verhalten ist dagegen bei der Veränderung der Farbe zu erkennen.

Die Bastam-Keramik verändert bei 900 °C ihre Oberflächen- und Kernfarbe kaum. Erst bei 1000 °C wird die Keramik dunkler – die Oberfläche mehr als der Scherbenkern. Die Toprakkale-Keramik dagegen zeigt schon bei 900 °C eine dunklere Farbe sowohl der Oberfläche als auch des Scherbenkerns, die bei 1000 °C nochmals deutlich dunkler wird.

Wie schon beim Vergleich der ursprünglichen Farben ist auch bei der Farbänderung bei höheren Temperaturen ein Unterschied zwischen der Bastam- und der Toprakkale-Ware festzustellen, was die Vermutung unterstützt, dass unterschiedliche Tone verwendet wurden. Identisch ist das Verschwinden des Glanzes bei 900 °C, was damit zu erklären ist, dass die für den Glanz verantwortliche Komponente im Überzug der Palastkeramik unabhängig vom Fundort gleich oder ähnlich sein muss.

Zur Klärung der Ursache des Glanzverlustes wurde die Morphologie der gebrannten Proben mit dem REM betrachtet.

Morphologie bei höheren Temperaturen

Es wurden je zwei Scherben aus Bastam und Toprakkale untersucht. Die Scherben aus Bastam zeigen bei 900 °C kaum eine Versinterung des Scherbenkerns, während in der Oberflächenschicht die Versinterung schon deutlich vorangeschritten ist (*Abb. 6,1 a*). Bei 1000 °C (*Abb. 6,1 b*) ist die Schicht stark versintert mit wenigen kleinen, abgerundeten Poren, während der Scherbenkern sich aufgrund einer geringeren Versinterung deutlich von der Oberflächenschicht absetzt. Die ursprünglichen Sinter- und Fließzonen sind nicht mehr zu erkennen.

Ebenfalls in *Abb.* 6 zu sehen sind die Unebenheiten der Oberfläche, die durch das Aufsteigen von Gasen entstanden sind. Dieser Vorgang ist Ursache für den Verlust des Glanzes und führt zur Bildung von Rissen, die in einigen Fällen schon mit bloßem Auge erkennbar sind (*Tab.* 1). Ursache für die Gasbildung können eine bei 800 °C noch nicht abgeschlossene Zersetzung von Carbonaten sein und die bei 900 °C ablaufende Umwandlung von Schwefelverbindungen in gasförmige Schwefeloxide.

Ein etwas anderes Verhalten ist an den Scherben aus Toprakkale zu beobachten. Hier ist bei 900 °C nicht nur die Oberflächenschicht stark versintert, auch der Scherbenkern zeigt eine fortgeschrittene Versinterung ($Abb.\ 6.2a$). Die Versinterung nimmt bei 1000 °C ($Abb.\ 6.2b$) im Rand- und Kernbereich so stark zu, dass – im Gegensatz zur Bastam-Ware – keine klare Abgrenzung der Oberflächenschicht zu erkennen ist ($Abb.\ 6.1b$). Wie bei der Bastam-Ware zeigt auch die Toprakkale-Keramik eine unebene Oberfläche mit Rissen.

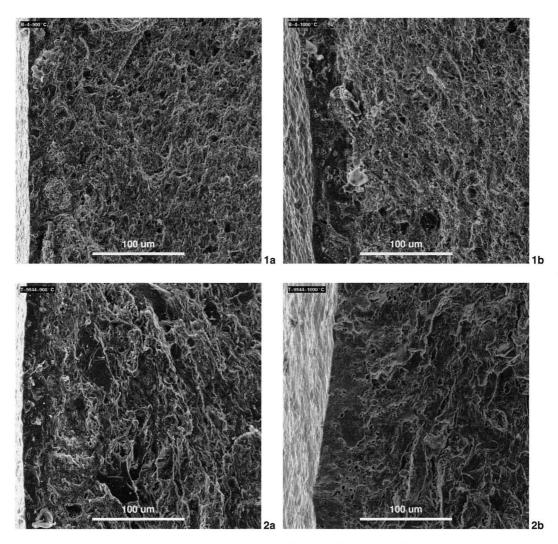


Abb. 6. Urartäische Keramik, Nachbrennversuche. 1 Bastam, Bruch des Scherbens B-4. a bei 900 °C nachgebrannt; b bei 1000 °C nachgebrannt. Von links: Oberfläche, Bruchkante und Überzugsschicht, die eine fortgeschrittenere Versinterung als der Scherbenkern (rechts) zeigt (SE-Bild am REM). 2 Toprakkale, Bruch des Scherbens T-9544. a bei 900 °C nachgebrannt; b bei 1000 °C nachgebrannt. Von links: Oberfläche, Bruchkante und Überzugsschicht, die eine fortgeschrittenere Versinterung als der Scherbenkern (rechts) zeigt (SE-Bild am REM).

Aus den Ergebnissen lässt sich ablesen, dass Bastam- und Toprakkale-Waren bei annähernd gleicher Temperatur gebrannt wurden. Es war wichtig, dass diese Temperatur nicht überschritten wurde, da bei höheren Temperaturen die gesamte Oberflächenschicht zu versintern beginnt mit der Folge, dass neu entstehende Gase durch die dicker werdende, zähflüssige Sinterschicht austreten und die glatte Oberfläche zerstören.

Betrachtet man die Farbänderungen und das Versinterungsverhalten des Scherbenkerns, so ergibt sich wie schon zuvor der Hinweis, dass Bastam- und Toprakkale-Waren aus unterschiedlichen Tonen hergestellt worden sind. Anderseits ist das thermische Verhalten der Oberflächenschicht bezüglich der Versinterung bei der Keramik aus Bastam und Toprakkale gleich.

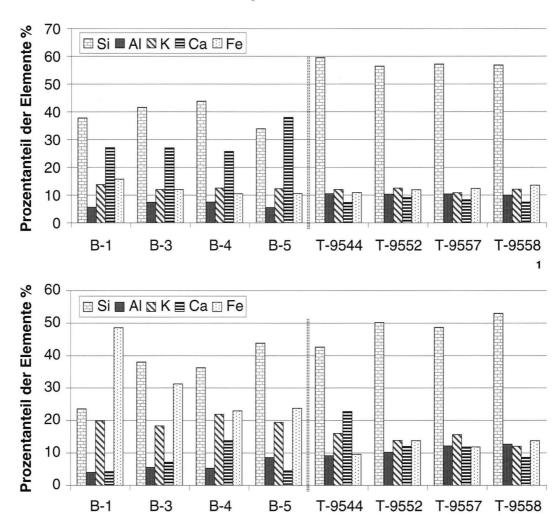


Abb. 7. Urartäische Keramik, EDX-Messungen. 1 Scherbenkernelemente; 2 Oberflächenelemente. Verglichen werden die Anteile von Silizium (Si), Aluminium (Al), Kalium (K), Calcium (Ca) und Eisen (Fe).

Analyse der Tonzusammensetzung von Überzug und Scherbenkern

Durchgeführt wurden die Untersuchungen am REM mit EDX-Detektor. Diese Methode ist von ihrer Genauigkeit her nur als halbquantitativ einzustufen, aber im Gegensatz zu genaueren Methoden mit geringerem Kosten- und Zeitaufwand durchführbar. Bei Mehrfachmessungen weichen die Einzelwerte zwischen 1 % und 6 % vom Mittelwert ab, wenn über die gesamte Fläche bei geringer Vergrößerung (200–500fach) gemessen wird. Solche Schwankungen sind weniger auf Gerätefehler zurückzuführen, sondern kommen hauptsächlich durch die Heterogenität des Materials zustande. Darauf hinzuweisen ist, dass die mit dem EDX-Detektor gemessenen Elementkonzentrationen nicht vergleichbar sind mit entsprechenden Werten anderer Messmethoden (z. B. RFA), doch innerhalb der hier unter identischen Bedingungen durchgeführten Messungen lassen sich die Elementmengen vergleichen.

Mit den ermittelten Elementmengen wurden einerseits die Zusammensetzung von Scherbenkern und Oberflächenschicht betrachtet und andererseits Unterschiede zwischen

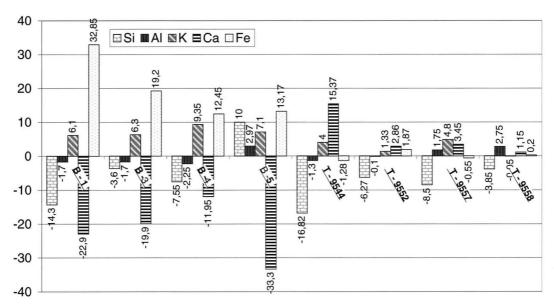


Abb. 8. Urartäische Keramik, EDX-Messungen. Unterschiede zwischen Oberfläche und Scherbenkern. Positive Werte: Oberflächenwerte > Scherbenkernwerte, negative Werte: Oberflächenwerte < Scherbenkernwerte.

der Keramik aus Bastam und Toprakkale untersucht. Für die Vergleiche wurden die Elementmengen von Si, Al, K, Ca und Fe herangezogen, da sie Hauptbestandteil des Tones sind und die Farbe beeinflussen. Ebenfalls durch die qualitative Analyse gefundene Elemente wie Mg, Ti, S und Mn schwankten in ihrem Anteil in den einzelnen Scherben zwischen 1 % und 10 % und wurden für die Vergleiche nicht herangezogen.

Abb. 7,1 zeigt die Elementzusammensetzung im Scherbenkern, Abb. 7,2 die der Oberflächenschicht der Palastkeramik aus Bastam und Toprakkale. Auffallend ist die große Übereinstimmung innerhalb der Toprakkale-Ware bei der Zusammensetzung des Scherbenkerns. Die Scherbenkerne der Bastam-Ware sind in ihrer Zusammensetzung ähnlich, unterscheiden sich aber deutlich von der Palastkeramik aus Toprakkale durch niedrigere Si-Werte und wesentlich höhere Ca-Werte.

Eine zum Scherbenkern unterschiedliche Zusammensetzung zeigt die Oberflächenschicht, sowohl bei der Bastam- als auch bei der Toprakkale-Keramik. In *Abb.* 8 sind die Unterschiede zwischen Oberflächenschicht und Scherbenkern für beide Fundorte dargestellt. Es ist zu erkennen, dass bei der Bastam-Ware große Unterschiede vorhanden sind, während sie bei der Toprakkale-Ware nur gering sind. Alle Toprakkale-Scherben haben in der Oberflächenschicht etwas weniger Si, die übrigen Elementmengen unterscheiden sich nicht sehr stark, abgesehen von einer Scherbe mit hohem Ca-Wert in der Oberflächenschicht (T-9544). Deutlicher fallen die Unterschiede bei den Bastam-Scherben aus. In der Oberflächenschicht sind die Ca-Werte viel niedriger als im Scherbenkern, die Fe-Konzentration dagegen ist auf der Oberfläche stark erhöht. Vergleicht man die anfangs gezeigten Farbunterschiede mit den dazugehörigen Ca- und Fe-Werten (*Tab.* 2), so bestätigt sich, dass das Verhältnis von Fe zu Ca ausschlaggebend für die Farbe der Keramik ist. Höhere Ca-Mengen bewirken ein Aufhellen der durch Fe₂O₃ hervorgerufenen roten Farbe.

Durch die Elementanalyse ergibt sich somit ein weiterer Hinweis, dass die Keramik-Assemblagen aus Bastam und Toprakkale aus unterschiedlichen Tonen hergestellt wor-

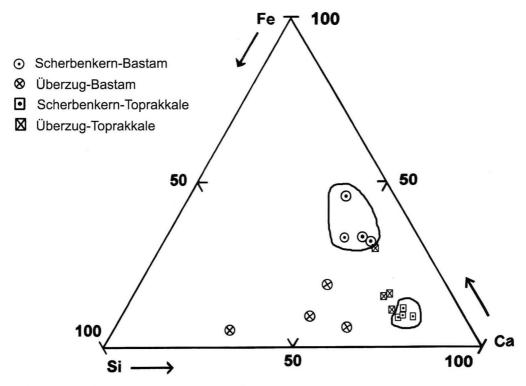


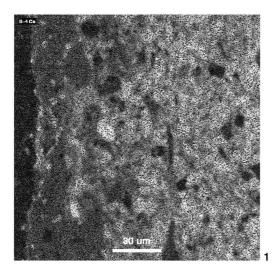
Abb. 9. Silizium-, Calcium- und Eisengehalt im Überzug und im Scherbenkern der Palastware aus Bastam und Toprakkale; dargestellt im ternären Stoffsystem Si-Ca-Fe (Normierung der Konzentration auf $\Sigma = 100$).

	Palastware aus Bastam			Palastware aus Toprakkale		
	Farbe	% Ca	% Fe	Farbe	% Ca	% Fe
Oberfläche	mittleres bis kräftiges Rotbraun	4,20-13,74	22,90-48,50	rötliches bis orangerotes Braun	8,65-22,70	9,55-13,77
		MW = 7,38	MW = 31,59		MW = 13,80	MW = 12,21
Kern	Hellbraun	25,70-38,00	10,50-15,75	rötliches Braun	7,50-9,17	10,83 - 13,50
		MW = 29,45	MW = 12,18		MW = 8,09	MW = 12,15

Tab. 2: Urartäische Palastkeramik. Farbe der Oberfläche und des Scherbenkerns im Vergleich mit den Anteilen an Calcium und Eisen (MW = Mittelwert).

den sein müssen, das betrifft sowohl den Ton für das Gefäß als auch die Tonzusammensetzung des Überzugs. Somit ist eine zentrale Produktion innerhalb des urartäischen Reiches unwahrscheinlich.

Dies wird auch deutlich, wenn man die Messergebnisse zur Untersuchung einer Clusterbildung heranzieht. In *Abb. 9* ist dies für die Elemente Si, Ca und Fe durchgeführt worden. Obwohl es sich hierbei um die am stärksten in ihrer Konzentration schwankenden Elemente handelt, ergibt sich ein eng begrenzter Cluster für die Scherbenkerne der Toprakkale-Ware. Bei dem ganz ähnlichen Cluster der Oberflächenschicht liegt nur eine Scherbe etwas außerhalb. Daraus lässt sich für die Palastkeramik aus Toprakkale ableiten, dass für das Drehen und Ausformen des Gefäßes Ton mit sehr ähnlicher Zusammen-



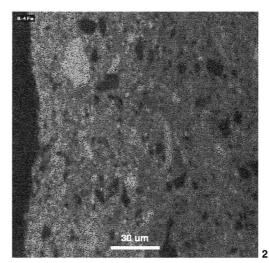


Abb. 10. Bastam, Scherbe B-4. EDX-Mapping vom Bruch. Die hellen Punkte zeigen die Stellen, an denen die für Calcium (1) und Eisen (2) charakteristische Röntgenstrahlung gemessen wurde.

setzung verwendet wurde. Der anschließend aufgetragene Überzug unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung mit einer Ausnahme nur sehr wenig vom Ton des Scherbenkerns.

Anders sind dagegen die Verhältnisse bei der Palastkeramik aus Bastam. Scherbenkern- und Oberflächen-Cluster liegen weit voneinander entfernt und im Gegensatz zu den
Toprakkale-Scherben ergibt sich keine eng begrenzte Clusterbildung. Vor allem die Oberflächenwerte sind so weit gestreut, dass man kaum noch von einem Cluster sprechen
kann. Hier zeigt sich, dass die Zusammensetzung des Überzugs stark variiert, besonders
was die Fe-Menge betrifft. Es ist nicht auszuschließen, dass in verschiedenen Töpferwerkstätten unterschiedliche Mengen an Eisenmineralien der Tonmasse des Überzugszugesetzt wurden. Die größere Ca-Menge im Scherbenkern hingegen lässt sich mit einer
stärkeren Magerung der Tonmasse mit Kalkgestein für die Gefäßherstellung erklären.

Bestimmung der Schichtdicke durch Mapping und RE-Abbildungen

Mapping und RE-Aufnahmen wurden an senkrecht zur Oberfläche geschnittenen Proben durchgeführt, was eine genaue Bestimmung der Dicke der Überzugsschicht möglich macht.

Das Mapping zeigt die örtliche Verteilung der Elemente. Wie schon bei den EDX-Messungen beobachtet, lieferten die Bastam-Scherben die deutlichsten Unterschiede durch die erhöhte Fe-Konzentration an der Oberfläche und die höhere Ca-Konzentration im Scherbenkern ($Abb.\ 10.1-2$). Durch das Fe- und Ca-Mapping ergaben sich Schicht-dicken von 40 bis 70 μ .

Auch RE-Abbildungen konnten für die Bestimmung der Schichtdicke herangezogen werden, da schwere Atome wie hier das Eisen durch hellere Flecke zu erkennen sind. In *Abb. 11* erkennt man bei der Bastam-Keramik die Überzugsschicht als hellere Zone, während der Scherbenkern nur wenige schwere Elemente erkennen lässt. EDX-Punktmessungen in den hellen Bereichen ergaben, dass es sich in 80–90 % der Fälle um Eisen handelt, in den übrigen um Titan.

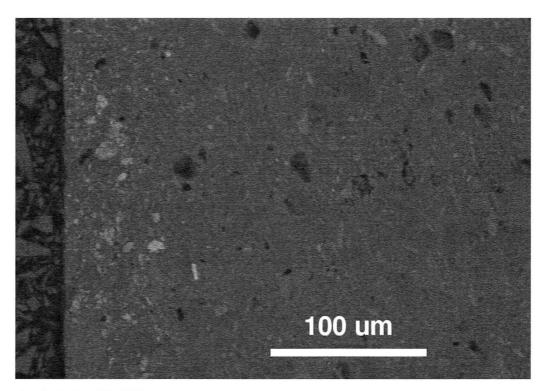


Abb. 11. Bastam, RE-Abbildung der senkrecht zur Oberfläche geschnittenen Scherbe B-4. Durch den höheren Eisengehalt im Überzug sind in diesem Bereich helle Flecken zu erkennen.

Bei den RE-Abbildungen der Toprakkale-Keramik ($Abb.\,12$) ist die Oberflächenschicht durch ihre größere Dichte zu erkennen, die auf die Verwendung eines sehr fein geschlämmten Tons hinweist. Aus den RE-Abbildungen lässt sich eine Schichtdicke von maximal 70 μ ermitteln.

Diskussion

Entstehung der glänzenden Oberfläche

Eine durch Polieren entstandene glänzende Oberfläche erkennt man an Polierstrichen, die sogar zu einer facettierten Oberfläche führen können, wenn der Vorgang des Polierens in einem noch relativ feuchten Zustand durchgeführt wurde. Andererseits ist es auch möglich, durch den Auftrag eines fein geschlämmten Tonüberzugs und mehrfaches Polieren in verschiedenen Trockenzuständen eine vollkommen glatte, glänzende Oberfläche zu erhalten.

Auf der urartäischen Palastkeramik sind von den genannten Merkmalen nur im Fuß-, Henkel- und Mündungsbereich Polierspuren in Form einer facettierten Oberfläche zu erkennen. Die Wandbereiche zeigen Unebenheiten, die den feinen, weitaus deutlicheren Drehspuren an den überzugsfreien Gefäßinnenwandungen entsprechen. Die Beobachtungen lassen darauf schließen, dass der Glanz der Oberfläche nicht durch Polieren entstanden sein kann, da dies ein Verschwinden der Drehspuren zur Folge gehabt hätte.

Die glänzende Oberfläche muss durch den Überzug entstanden sein, der, wie die EDX-Analyse zeigt, eine andere Tonzusammensetzung hat als der Scherbenkern. Die

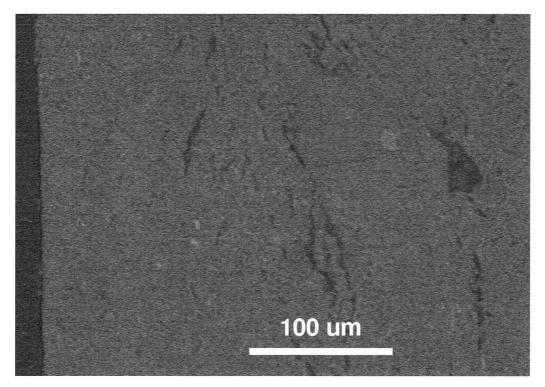


Abb. 12. Toprakkale, RE-Abbildung der senkrecht zur Oberfläche geschnittenen Scherbe T-9552. Links die dichtere Überzugsschicht, rechts der porösere Scherbenbereich.

durch SE-Abbildungen erkennbare Morphologie der Überzugsschicht zeigt, dass der Überzug nur direkt an der Oberfläche vollständig versintert ist, während die gesamte Schichtdicke bis zu $70~\mu$ dick ist.

Der für den Überzug verwendete Ton unterscheidet sich vom Ton des Scherbenkerns durch früheres Versintern, was beim Nachbrennen bei höheren Temperaturen durch eine vom Scherbenkern abgegrenzte versinterte Überzugsschicht deutlich wird. Derartiges Tonmaterial wird in der Töpferei als Lehmglasur bezeichnet⁹. Es sind fein geschlämmte Tone, die aufgrund ihrer natürlichen Zusammensetzung ein oder mehrere Flussmittel enthalten, die das Versintern bei niedrigeren Temperaturen bewirken. Schon geringe Mengen von bis zu 1 % eines Flussmittels können eine derartige Wirkung hervorrufen. Da die für die Palastkeramik ermittelte Brenntemperatur nicht weit über 800 °C liegt, kommen als Flussmittel Bor und Lithium in Frage, die beide schon ab 800 °C als Flussmittel wirken. Beide Elemente sind wegen ihres niedrigen Atomgewichts durch die EDX-Analyse nicht nachweisbar. Ebenfalls denkbar wäre es, dass die Flussmitteleigenschaften bestimmter Mineralien schon bekannt waren und diese der Tonmasse absichtlich beigemengt worden sind, so wie dies heute bei der Herstellung von Sinter-Engoben der Fall ist.

Wichtig bei der Herstellung der glänzenden Oberfläche war auch die Kontrolle der Temperatur beim Brennvorgang. Ist die Temperatur zu hoch, versintert der Überzug zwar stärker, doch durch Gasbildung wird die Oberfläche matt und rissig. Diese besonderen Anforderungen an die Tonzusammensetzung des Überzugs und die Steuerung der Brenn-

⁹ Hamer/Hamer 1990, 346.

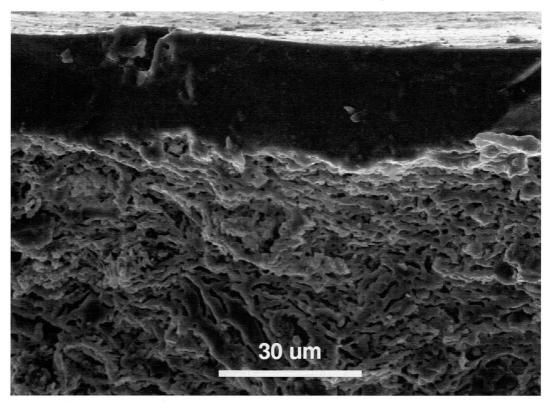


Abb. 13. Bruch einer Terra Sigillata-Keramik. Von links: glänzende Oberfläche, Bruchkante, vollständig versinterte Überzugsschicht mit angrenzendem Scherbenbereich (SE-Bild am REM).

temperatur mögen ein Grund dafür sein, dass die urartäische Palastkeramik ein nicht alltägliches Geschirr war.

Ein Vergleich mit dem von A. Winter¹⁰ als Glanzton bezeichneten Überzug der griechischen rot- und schwarzfigurigen Keramik und der römischen *terra sigillata* zeigt, dass der Ton des Überzugs der urartäischen Palastkeramik ein anderes Sinterverhalten aufweist. Die griechischen und römischen Glanztone benötigen Brenntemperaturen von 850 °C im reduzierenden Brand, bzw. mindestens 920 °C im oxidierenden Brand¹¹. Dabei entsteht eine vollständig versinterte Überzugsschicht, wie in *Abb. 13* am Beispiel einer *terra sigillata* zu sehen ist. Bei der Palastkeramik dagegen verschlechtert sich die Qualität der Überzugsschicht durch höhere Brenntemperaturen, da es auf Grund einer Gasentwicklung zur Bildung von Poren und Rissen kommt (*Abb. 6,2a-b*). Somit scheint es sich bei der Herstellung der Palast-Keramik um eine eigenständige Technologie des urartäischen Reichs zu handeln, die, soweit bislang bekannt ist, von anderen Kulturen nicht übernommen worden ist. Will man die Bezeichnung 'Glanzton' übernehmen, so muss man von einem 'urartäischen Glanzton' sprechen.

Winter 1978.

Winter 1978, 43-52.

Zentrale Produktionsstätte oder lokale Werkstätten?

Zur Klärung der Frage, ob die urartäische Palastkeramik aus einer zentralen Produktionsstätte oder aus mehreren lokalen Werkstätten stammt, sind die beobachteten Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei der Palastkeramik aus Bastam und Toprakkale zu diskutieren.

Das auffallendste gemeinsame Merkmal der Palastkeramik ist die glänzende Oberfläche. Als Ursache dafür lässt sich eine nur wenige μ dicke Versinterung des Überzugs ausmachen. Gemeinsam sind auch die Brenntemperatur sowie das Entstehen einer matten Oberfläche bei höheren Temperaturen, einhergehend mit den gleichen morphologischen Veränderungen.

Unterschiede liegen aber in der Farbe und den Farbänderungen beim Nachbrennen (*Tab. 1*). Sie beruhen auf einer unterschiedlichen Tonzusammensetzung, was schon mehrfach am Beispiel anderer Keramik beschrieben worden ist¹². Hier bestätigte die EDX-Analyse, dass höhere Fe- und niedrigere Ca-Anteile im Überzug der Ware aus Bastam für die kräftigere Rottönung der Oberfläche verantwortlich sind (*Tab. 2*).

Die Auswertung der EDX-Messungen (Abb. 7–8) ergibt bezüglich der Elementverteilung im Überzug und im Scherbenkern große Unterschiede zwischen den Waren aus Bastam und Toprakkale; besonders die Zusammensetzung der Tonmasse des Überzugs variiert sehr stark.

Für derartige Unterschiede in einer Tonmasse des Überzugs gibt es mehrere Erklärungen. Wegen der nicht vorliegenden Spurenelementanalyse kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Ton aus einer einzigen, Flussmittel enthaltenden Lagerstätte stammt. Sollte dies der Fall sein, so wurde die Rohmasse von den lokalen Werkstätten durch Schlämmen und durch Mischen mit unterschiedlichen Zusätzen (Magerungs- und Farbmineralien) in seiner Zusammensetzung stark verändert. Wurde aber Ton aus unterschiedlichen Lagerstätten verwendet, so war allen gemeinsam das Vorhandensein eines Flussmittels; und letztlich wäre auch denkbar, dass der Tonmasse bewusst ein Flussmittel zugesetzt wurde.

Eine einzige zentrale Produktionsstätte für die Herstellung der Palastkeramik ist nicht zu erkennen. Die Unterschiede in der Tonzusammensetzung sind so groß, dass man von lokalen Töpferwerkstätten ausgehen kann. Eine Gemeinsamkeit dieser Palastkeramik produzierenden Werkstätten muss darin bestanden haben, dass sie die Kenntnis zur Herstellung einer Tonmasse besaßen, die schon bei Temperaturen versinterte, die unter denen lagen, die zur Versinterung des Scherbenkerns führten. Gleichzeitig müssten diese Werkstätten in der Lage gewesen sein, den Brennvorgang exakt zu steuern, um so eine derartig hochwertige Keramik mit glänzender Oberfläche zu erhalten.

Lokale Werkstätten, die alle einen hohen technischen Kenntnisstand aufweisen, scheinen zentrale Steuerung und Einflussnahme zu bedingen. Zu dem Ergebnis kommt auch Z. Derin¹³ bei seiner Untersuchung von Gefäßmarken auf urartäischer Palastkeramik. Er geht davon aus, dass die Werkstätten unter königlichem Einfluss standen und daher ihre Waren zum Zeichen der Echtheit markierten. Eine solche Gefäßmarke befindet sich auch auf der Bodenscherbe T-9542 (Abb. 1). Das Zeichen wurde mit einem stumpfen, glatten Gegenstand in den noch weichen Ton eingedrückt, so wie auch die Modellierung des Ringfußes mit einem entsprechend größeren, glatten Gegenstand erfolgte.

¹² Nöller 1983, 10ff.

¹³ Derin 1999, 81-100.

Zusammenfassung

Mit dem Rasterelektronenmikroskop wurden die Struktur und die chemische Zusammensetzung der urartäischen Palastware untersucht. Es zeigte sich, dass die glänzende Oberfläche nicht durch Polieren, sondern durch teilweise Versinterung des Überzugs entstanden ist. Neben der Kenntnis von der Herstellung der feingeschlämmten Tonmasse für den Überzug war auch die Kontrolle der Brenntemperatur eine Voraussetzung für die Entstehung einer glänzenden Oberfläche, da bei 900 °C die Oberfläche matt wird. Das steht im Gegensatz zu den Glanztonüberzügen der griechischen und römischen Keramik, die Brenntemperaturen um 900 °C benötigten.

Messungen der chemischen Zusammensetzung von Überzug und Scherbenkern der Bastam- und Toprakkale-Keramik zeigen, dass die Palastware nicht aus einer zentralen Produktionsstätte stammen kann, da unterschiedliche Tone verwendet wurden. Die Tone der Überzugsschicht variieren in ihrem Calcium- und Eisengehalt, wodurch sich die beobachteten Farbunterschiede erklären lassen, was aber die Entstehung der glänzenden Oberfläche nicht beeinflusst. Obwohl demnach die Palastware in lokalen Werkstätten produziert wurde, belegen die gleiche Herstellungstechnik und Morphologie des glänzenden Überzugs eine gemeinsame Kenntnis der Produktion dieser Keramik, die nur im urartäischen Reich hergestellt wurde.

Literaturverzeichnis

Derin 1999

Z. Derin, Potters'marks of Ayanis citadel, Van. Anatolian Studies 49, 1999, 81-100.

Hamer/Hamer 1990

F. Hamer/J. Hamer, Lexikon der Keramik und Töpferei. Material, Technik, Geschichte (Augsburg 1990).

Kleinmann 1976

B. Kleinmann, Mineralogische Untersuchungen an urartäischer Keramik. In: H.-J. Kellner (Hrsg.), Urartu, Ein wiederentdeckter Rivale Assyriens, Ausstellungskatalog (München 1976) 64 ff.

Kroll 1976a

St. Kroll, Keramik urartäischer Festungen in Iran. Ein Beitrag zur Expansion Urartus in Iranisch-Azarbaidjan. Archaeologische Mitteilungen aus Iran, Erg. Bd. 2 (Berlin 1976).

Kroll 1976b

St. Kroll, Urartäische Keramik. In: H.-J. Kellner (Hrsg.), Urartu, Ein wiederentdeckter Rivale Assyriens, Ausstellungskatalog (München 1976) 62 ff.

Noll 1991

W. Noll, Alte Keramiken und ihre Pigmente (Stuttgart 1991).

Nöller 1983

R. Nöller, Untersuchungen zur Farbigkeit oxidierend gebrannter Tonkeramik. Dissertation, Freie Universität Berlin 1983.

Tite/Maniatis 1975

M. S. Tite/Y. Maniatis, Examination of ancient pottery using the scanning electron microscope. Nature 257, 1975, 122-123.

Winter 1978

A. Winter, Die antike Glanztontechnik (Mainz 1978).

Hannelore Kapmeyer
Vorgeschichtliches Seminar der Philipps-Universität Marburg
Ernst-von-Hülsen-Haus
Biegenstrasse 11
D-35037 Marburg
E-Mail: hannelore@kapmeyer.com