

**NATURWISSENSCHAFTLICHE  
KERAMIKUNTERSUCHUNGEN**

# **Die mittelalterliche Keramik von Płock (Polen) als Beispiel für die Anwendungsmöglichkeiten physikalischer und chemischer Untersuchungen auf Massenfunde**

MAŁGORZATA DASZKIEWICZ

## **Einführung**

Während der Ausgrabungen in der Altstadt von Płock entstand die Idee, alle keramischen Materialien nicht nur hinsichtlich ihrer morphologischen Eigenschaften, sondern auch in Bezug auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften systematisch zu untersuchen. Gleichzeitig wurde die Rekonstruktion der Bebauungsphasen der städtischen Grundstücke in Angriff genommen. Das Ziel war, die technologisch unterscheidbaren Gruppen der Keramik in Beziehung zu den Siedlungsphasen zu setzen und damit über sozio-ökonomische Veränderungen in der Bevölkerung Aufschluß zu erhalten.

Wegen des massenhaften Auftretens keramischer Artefakte war das Hauptziel dieser Arbeit die Ausarbeitung eines Modells für die Klassifizierung von Keramikfragmenten nach deren physikalischen und chemischen Eigenschaften, ohne daß alle Fragmente besonders teuren oder zeitaufwendigen Untersuchungen unterworfen werden mußten. Hier soll daher vor allem auf die Methoden eingegangen werden, die bei vertretbarem Aufwand einen Rückschluß auf die Gesamtheit aller Scherben zulassen. Am Schluß sollen einige ausgewählte Ergebnisse die Vorteile der Anwendung dieser Methoden demonstrieren.

## **Material und Methoden**

Für die Untersuchungen wurden die Scherben genommen, die während der Ausgrabungsarbeiten in den Jahren 1982-1984 auf dem Gebiet der "Fundstelle I" gefunden worden waren (Abb. 1). Die Arbeiten auf dieser Fundstelle waren zu Beginn der Keramikuntersuchungen beendet, so daß das gesamte Material zur Verfügung stand. Die analysierte Gefäßkeramik ist in das 14. bis 16. Jh. zu datieren. Allerdings soll hier nicht auf die Problematik der Datierung eingegangen werden, sondern ausschließlich auf die Bewertung aus technologischer Sicht und darauf, wie sich die makroskopischen Eigenschaften mit den Ergebnissen der physikalischen und chemischen Untersuchungen deuten lassen. Die Klassifizierung sollte weitgehend auf makroskopischen Bewertungen basieren mit einem möglichst geringen Anteil aufwendiger Laboruntersuchungen.

Die wichtigste Aufgabe bei dieser Etappe der Untersuchungen war die Auswahl von diagnostischen Eigenschaften so, daß die notwendigen zwei Voraussetzungen erfüllt wurden, erstens daß sowohl die gesamte Population aufgrund dieser Eigenschaften bewertet werden konnte, zweitens daß deren Korrelation mit den Ergebnissen detaillierterer Laboranalysen möglich war. Mein Ansatz zur Lösung dieser Aufgabe war, alle charakteristischen Fragmente, also Rand- und Bodenscherben, Deckel und vollständige Gefäße, als Stichprobe für die Gesamtpopulation zu nehmen. Diese Proben sollten in Gruppen nach dem Rohmaterial des Tons, nach der natürlichen oder künstlichen Magerung und nach der Technologie eingeteilt werden (Abb. 2).

Die Rohmaterialgruppen sind mit der Zusammensetzung der Matrix der Töpfermasse verbunden, die Magerungsgruppen mit dem nichtplastischen Anteil der Töpfermasse, die Technologie-

gruppen sowohl mit der Atmosphäre, der Brenntemperatur bzw. dem Brennprogramm als auch mit der Herstellungsweise der Töpfermasse.

Nach Abschluß dieser Arbeiten sollte aus der klassifizierten Gesamtheit der charakteristischen Fragmente eine kleinere Anzahl repräsentativer Proben ausgewählt werden für weitergehende physikalische und chemische Analysen. Die Zusammensetzung der Töpfermasse ist mit der chemischen Zusammensetzung, also den Konzentrationen der Haupt- und Spurenelemente, und durch die Art der Tonminerale bestimmt, wobei letztere nur dann ermittelt werden kann, wenn die ursprüngliche Brenntemperatur so niedrig war, daß eine begrenzte Rückbildung von Tonmineralen, eine sogenannte Rehydroxilation, stattfinden konnte.<sup>1</sup> Die genaue Beschreibung der nichtplastischen Bestandteile, das heißt der mineralogischen bzw. petrographischen Zusammensetzung und der Korngrößenverteilung des klastischen Materials, ist mit mikroskopischen Untersuchungen von Dünn- und Anschliffen möglich und definiert die Magerungsgruppen. Die Bestimmung der originalen Brenntemperatur und der Art des Brandes sowie der physikalischen Eigenschaften der Scherben liefert die präzise Basis für die Einteilung in Technologiegruppen.

## Untersuchungsprogramm und Ergebnisse

Für die Untersuchungen standen insgesamt 19684 Scherben zur Verfügung (Abb. 3). Davon waren 14319 Wandscherben. Da die Gesamtzahl der charakteristischen Rand- und Bodenscherben, Fragmenten von Deckeln und vollständigen Gefäßen noch zu groß war, wurden 1457 Fragmente genügender Größe - nach Möglichkeit für alle Gefäßtypen - ausgewählt und mittels weniger diagnostischer Eigenschaften makroskopisch klassifiziert.

Die **Rohmaterialgruppen** wurden bestimmt, indem kleine Scherbenabschnitte in einem Laborelektroofen in oxidierender Atmosphäre bei jeweils 1000°C nachgebrannt wurden. Verschiedene Rohmaterialien lassen sich aufgrund des Brennverhaltens und der Farbe dieser nachgebrannten Scheibchen unterscheiden, wenn man annimmt, daß die Nachbrenntemperatur höher als die höchste originale Brenntemperatur liegt und deshalb die Farbe nach dem oxidierenden Nachbrennen nur von der Matrixzusammensetzung und nicht von den ursprünglichen Brennbedingungen abhängt. Auf dieser Grundlage ließen sich vier Hauptgruppen A, B, C und D und drei Nebengruppen A', B' und G bilden.<sup>2</sup>

Sieben **Magerungsgruppen** wurden aufgrund makroskopischer Bewertung der Größe und Menge des klastischen Materials im Scherben unterschieden:

- Magerungsgruppe 0 - klastisches Material mit bloßem Auge kaum erkennbar (Abb. 4, 5, 7 und 15),
- Magerungsgruppe 1 - geringe Zahl von Körnern mit einem Durchmesser von 0,1 - 0,5 mm (Abb. 8, 9),
- Magerungsgruppe 2 - große Zahl von Körnern mit Durchmessern von 0,1 - 0,5 mm und nur einzelne Körner mit mehr als 0,5 mm (Abb. 10 und 12-14),
- Magerungsgruppe 3 - größere Zahl von Körnern mit Durchmessern von etwas mehr als 0,5 mm (Abb. 6 und 11),
- Magerungsgruppe 4 - wenig Körner etwas größer als 1,0 mm (Abb. 16 und 18),
- Magerungsgruppe 5 - große Zahl von Körnern größer als 1,0 mm und vereinzelt Körner größer als 1,5 mm (Abb. 17),
- Magerungsgruppe 6 - viele Körner mit Durchmessern von mehr als 1,5 mm.

---

<sup>1</sup> Beim Brennen verlieren die Tonminerale zunächst Wasser (Dehydratation), bei höheren Temperaturen auch Strukturwasser, das heißt OH-Gruppen (Dehydroxilation). Nach vollständiger Zerstörung der Tonmineralstrukturen bilden sich neue Phasen. Wenn die originale Brenntemperatur zu niedrig war um stabile neue Phasen zu bilden, können sich Tonminerale durch Wasseraufnahme zurückbilden (Rehydroxilation und Rehydratation; z.B. HILL 1953). Es wurde auch versucht, die Menge der zurückgebildeten Tonminerale für eine relative Datierung zu verwenden (ZAUN 1982), was jedoch wegen der Abhängigkeit von der originalen Brenntemperatur und von den Bodenlagerungsbedingungen wenig erfolgreich war.

<sup>2</sup> Bei den Proben von Plock äußerten sich die Unterschiede beim Nachbrennen bei 1000°C nur in der Farbe, da die Nachbrenntemperatur unterhalb des Erweichungspunktes dieser Keramik liegt.

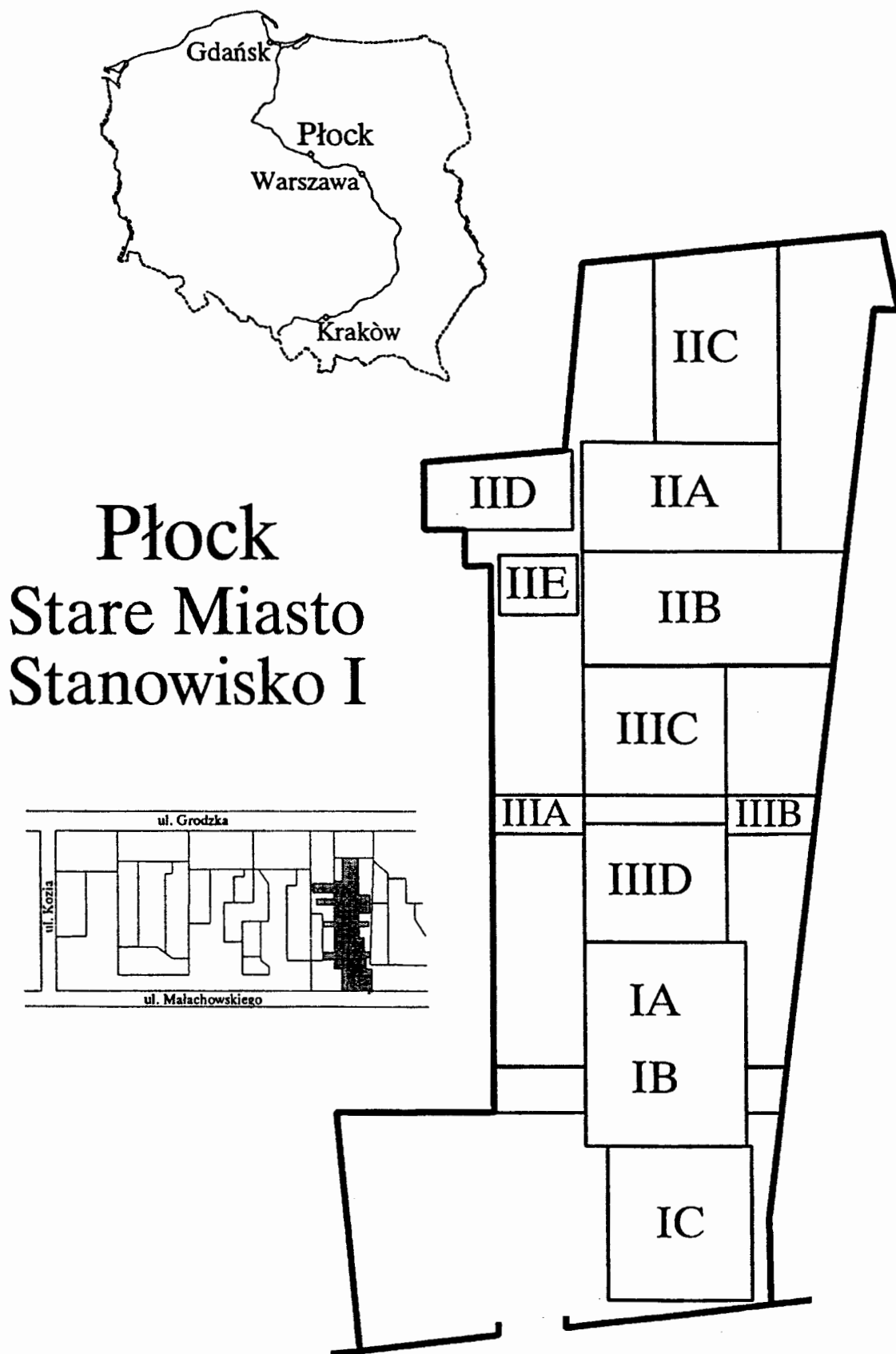


Abb. 1. Lage der Fundstelle 1 in der Altstadt von Płock. Die untersuchte Keramik stammt von der Ausgrabungsstelle IA und IB.

**Technologiegruppen** wurden aufgrund der Art des Brandes, oxidierend/reduzierend, und nach dem makroskopisch abgeschätzten Verdichtungsgrad bestimmt.<sup>3</sup> Parallel dazu wurden Rohdichte, scheinbare Porosität und Wasseraufnahmefähigkeit durch Wägungen in Luft und Wasser ermittelt und den geschätzten Verdichtungsgraden gegenübergestellt. Es zeigte sich, daß die Schätzung die wesentlichen Unterschiede in diesen keramischen Eigenschaften erfaßt. Es ergaben sich neun Gruppen:

Technologiegruppe 1 - reduzierend gebrannte Scherben mit hohem Verdichtungsgrad (Abb. 4);

Technologiegruppe 2 - reduzierend gebrannte Scherben mit mittlerem Verdichtungsgrad (Abb. 5, 6);

Technologiegruppe 3 - in der Anfangsphase oxidierend, in der Endphase reduzierend gebrannte Scherben

a) mit hohem Verdichtungsgrad (Abb. 7-8),

b) mit mittlerem Verdichtungsgrad (Abb. 9);

Technologiegruppe 4 - oxidierend gebrannte Scherben mit unvollständiger Verbrennung organischer Bestandteile im Kern

a) mit mittlerem Verdichtungsgrad (Abb. 10),

b) mit geringem Verdichtungsgrad (Abb. 11);

Technologiegruppe 5 - oxidierend gebrannte Scherben mit sehr geringem Verdichtungsgrad

a) ohne schwarzen Kern (Abb. 12),

b) mit unvollständiger Verbrennung organischer Bestandteile im Kern (Abb. 13);

Technologiegruppe 6 - oxidierend gebrannte Scherben

a) mit hohem Verdichtungsgrad (Abb. 15)

b) mit mittlerem Verdichtungsgrad (Abb. 16),

c) mit geringem Verdichtungsgrad (keine Abb.);

Technologiegruppe 7 - oxidierend gebrannte Scherben mit sehr geringem Verdichtungsgrad und unvollständiger Verbrennung organischer Bestandteile im gesamten Scherbenquerschnitt (Abb. 17);

Technologiegruppe X - stark kohlenstoffhaltige Scherben und andere Scherben, die nicht in den vorgenannten Gruppen unterzubringen sind (Abb. 18); nicht dazu wurden solche Scherben gezählt, die durch den typischen geringen Verdichtungsgrad der Technologiegruppe 5 zugeordnet werden konnten (Abb. 14).

Technologiegruppe Y - eine einzige aus der Reihe fallende, sehr stark mit Granit gemagerte Scherbe.

In einer zweiten Arbeitsetappe wurden aus den 1457 charakteristischen Fragmenten 120 Stücke ausgewählt, die repräsentativ für sämtliche Rohmaterialgruppen, Technologiegruppen Magerungsgruppen sind. Diese 120 Proben wurden mit folgenden mineralogischen, physikalischen und chemischen Methoden eingehend untersucht: polarisationsmikroskopische Dünnschliffuntersuchungen (granulometrisch und planimetrisch), Untersuchung polierter Anschliffe im Auflichtmikroskop (s. Abb. 4-18), Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit vor und nach dem oxidierenden Nachbrennen bei 600°C ("Gebrauchseigenschaften"), thermische Analyse (DTA, DTG, TG, Dilatometrie), Bestimmung der Rohdichte, der scheinbaren Porosität und der Wasseraufnahmefähigkeit vor und nach dem oxidierenden Nachbrennen bei verschiedenen Temperaturen, Röntgendiffraktometrie und halbquantitative Röntgenfluoreszenzanalyse auf einige Spurenelemente. Für ausgewählte Proben wurden darüber hinaus quantitative klassische chemische Analysen, Untersuchungen des frischen Bruchs im Rasterelektronenmikroskop vor und nach dem oxidierenden Nachbrennen, und Mößbauerspektrometrie angewandt.

Die Ergebnisse der erwähnten Untersuchungen mußten jetzt mit den ursprünglichen Rohmaterial-, Technologie- und Magerungsgruppen verglichen werden. Dabei ging es auch darum, inwieweit die teuren und zeitaufwendigen Laboranalysen mit der wesentlich weniger aufwendigen Klassifizierung aufgrund diagnostischer Eigenschaften übereinstimmten und ob es damit möglich ist, die an 120 Proben gewonnenen Erkenntnisse auf die Gesamtpopulation von 19684 Fragmenten zu übertragen.

<sup>3</sup> Da in der Keramik von Plock keine durch die Formgebung entstandenen Poren erkennbar waren, beschreibt der Verdichtungsgrad die Verdichtung der Matrix, die von der Präparation der Masse abhängt.

# Programm für physikalische und chemische Untersuchungen archäologischer Keramik

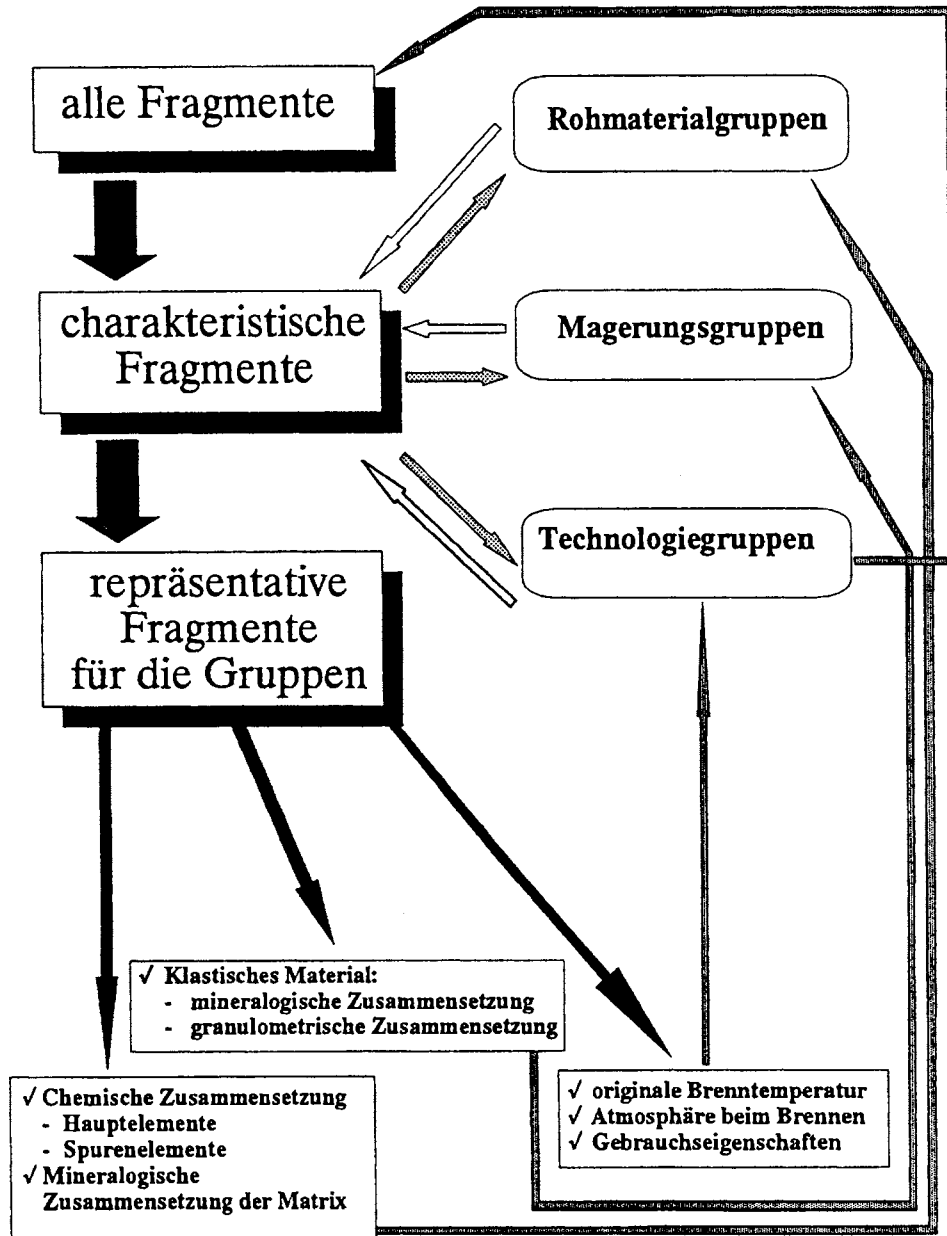


Abb. 2. Untersuchungsprogramm.

Zunächst zeigten die chemischen Analysen, daß das Material der Rohmaterialgruppen A, B und C sehr ähnlich ist, das heißt, daß die Unterschiede innerhalb der Bandbreite der Zusammensetzung einer Tonlagerstätte liegen können und wahrscheinlich mit verschiedenen Phasen der Nutzung desselben Tonvorkommens verbunden sind. Die aus dem Material der Gruppe A hergestellte Keramik kommt fast ausschließlich in den ältesten Schichten der Fundstelle I vor. Die Differenzierung der Materialgruppen A, B und C nach den Farben der nachgebrannten Proben war also sehr fein. Von diesen Gruppen ist Materialgruppe D in allen Untersuchungen sehr verschieden.

Auch die Ergebnisse der granulometrischen Analyse und der technologischen Untersuchungen bestätigten die richtige Klassifizierung des Materials aufgrund der diagnostischen Eigenschaften in

die Technologiegruppen 1, 2, 3, 4, 5 und 7. Im Falle der Technologiegruppe 6 schien es zweckmäßig, zwei Untergruppen zu bilden.

Nach Abschluß dieser Arbeiten wurde mit der Auswahl von Musterscherben begonnen, die alle Gruppen repräsentieren sollten. Ein mit den Musterproben zusammengestellter Katalog in Form eines Buches diente zum makroskopischen Vergleich aller 19684 Keramikfragmente, die so den einzelnen Technologie- und Magerungsgruppen zugeordnet wurden (da für die Zuordnung zu den Rohstoffgruppen Nachbrände erforderlich gewesen wären, ließ sich diese Rohstoff-Klassifizierung nur an den 1457 Fragmenten ausreichender Größe durchführen).

Einige Beispiele für die archäologische Interpretation der gewonnenen Keramikklassen sollen die Möglichkeiten solcher Untersuchungen zeigen. In Tabelle 1 sind für die 1457 Scherben die Anteile der Technologiegruppen in den einzelnen Rohmaterialgruppen in Prozenten dargestellt. In Tabelle 2 sind die Anteile der Technologiegruppen in den Magerungsgruppen wiedergegeben.

Die besonders auffällige Technologiegruppe 5 wurde fast ausschließlich aus dem Rohmaterial der Gruppe D hergestellt. So ist also Rohmaterial D mit der Technologiegruppe 5 verbunden. Dagegen ist es bei den übrigen Technologiegruppen schwer, über eine Rohmaterialpräferenz zu sprechen. Die Keramik dieser Technologiegruppen wurde auf der Basis der Rohmaterialien A, B und C hergestellt, das heißt aus Rohmaterial, das aus einem einzelnen Vorkommen stammen kann. Technologiegruppe 5 ist auch einheitlich im klastischen Material, das heißt alle Proben gehören zur Magerungsgruppe 2. Die Formen der Gefäße, die dieser Technologiegruppe angehören, stimmen in den meisten Fällen nicht mit den Formen überein, die in anderen Gruppen vorkommen. Daraus ist auf eine gezielte Rezeptur zu schließen, die zur Herstellung dieser Gefäße diente.

## Archäologische Ergebnisse

Die vorläufigen Ergebnisse der Kombination archäologischer Erkenntnisse mit den Resultaten der physikalisch-chemischen Analyse sollen am Beispiel der Ausgrabungen der Fundstelle I gezeigt werden, wo die Auswertung der Schichten der Ausgrabungsstelle IA und IB beendet ist. DARIUSZ MAKOWSKI<sup>4</sup> unterschied hier 5 Siedlungsphasen, wobei die hier untersuchte Keramik aus den vier ersten Siedlungsphasen stammt. Die Zusammenstellung (Tab. 3) zeigt den prozentualen Anteil der Keramik der einzelnen Technologiegruppen innerhalb der Siedlungsphasen. Die erste Siedlungsphase, datiert auf die erste Hälfte des 14. Jahrhunderts, ist durch ein Grubenhaus mit offenen Feuerstellen bestimmt. In den Schichten, die sich hiermit verbinden lassen, überwiegt deutlich die graue Keramik (Technologiegruppen 1, 2 und 3). Diese Schicht hat im Vergleich zu den übrigen Schichten den größten prozentualen Anteil der Keramik der Technologiegruppe 7.

Die Dominanz der Graukeramik besteht auch in den Schichten, die mit den Zerstörungs- und Ausgleichshorizonten eines Grubenhauses beziehungsweise mit den Bauschichten eines Schwellenbaues, das heißt mit einer zweiten Siedlungsphase verbunden sind. Diese ist auf die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts zu datieren. Zu einer dritten Siedlungsphase gehört ein gotisches Haus vom 15. Jahrhundert und vom ersten Viertel des 16. Jahrhunderts. In diesen Schichten verschwindet die Keramik der Technologiegruppe 7, und der Anteil grauer Keramik nimmt ab. Der Anteil der Keramik der Technologiegruppe 5 nimmt dagegen zu, und in den Schichten der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts gibt es fast ausschließlich Keramik der Technologiegruppe 5. Wahrscheinlich hängen die offensichtlichen Veränderungen der Mengenteile der einzelnen Gruppen in den verschiedenen Siedlungsphasen nicht nur mit damals herrschenden Moden zusammen, sondern auch mit der Veränderung der Zusammensetzung des Bürgertums von Płock.

Ein weiteres Ergebnis betrifft die Veränderungen in der Herstellungstechnik der Grauwaren (DASZKIEWICZ und RAABE 1995). Die Technologiegruppe 2 dieser Waren (Abb. 19) umfaßt neben wenigen Krügen vor allem Schüsseln, Töpfe, Deckel, also Küchenware. Zu dieser Gruppe gehören 19% aller Fragmente. Die Magerung mit feiner bis mittlerer Körnung enthält neben vorwiegendem

---

<sup>4</sup> Unpublizierter Grabungsbericht 1982-1984, Wojewdzki Konserwator Zabytków Płock und PPKZ - Warszawa.

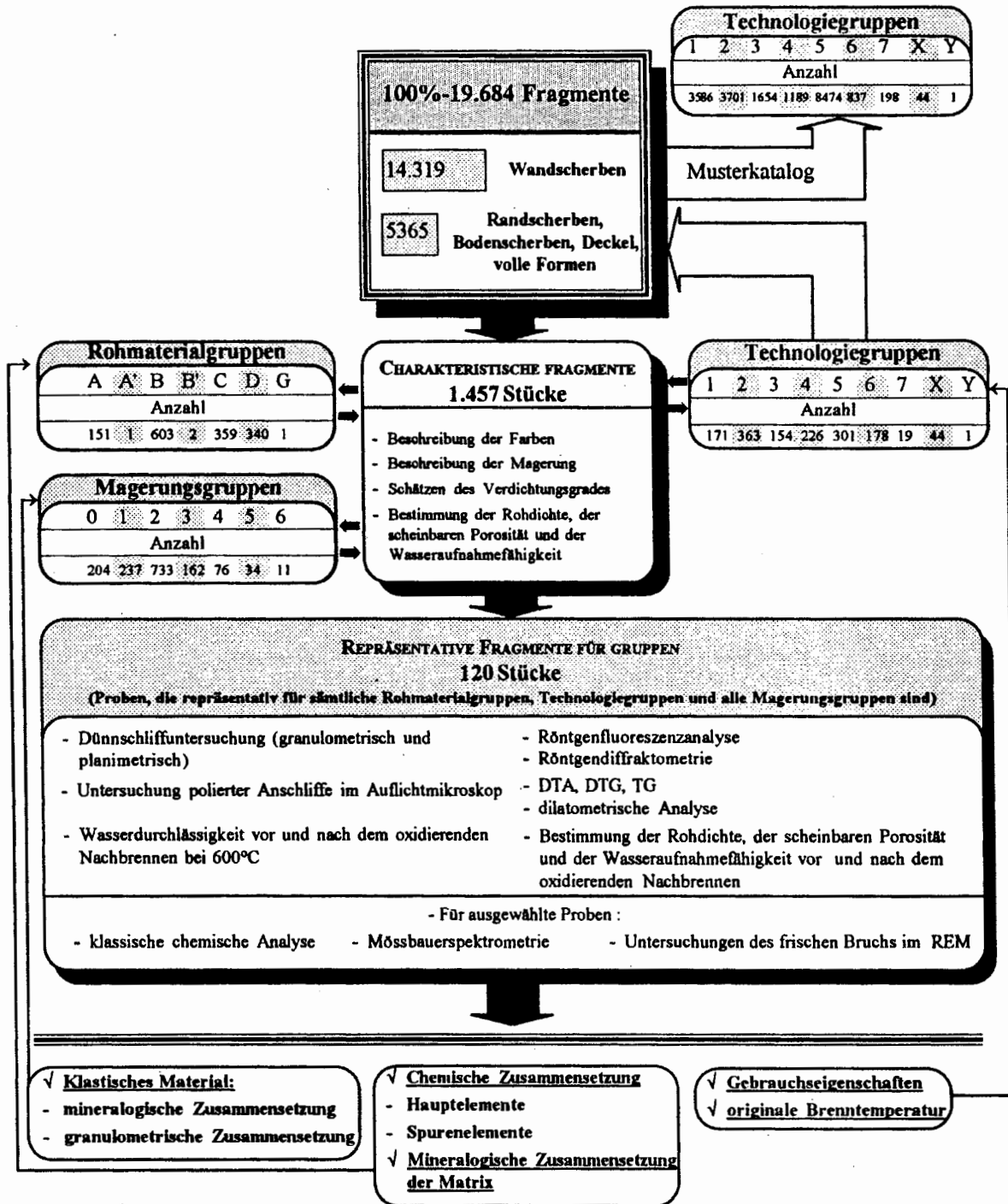


Abb. 3. Schema für die stufenweise Anwendung zunehmend aufwendigerer Untersuchungsverfahren zur Klassifizierung in Gruppen nach Rohmaterial, Magerung und Technologie.

Quarz auch Alkalifeldspäte und Plagioklase, und die Scherben haben einen mittleren Verdichtungsgrad. Die Tonmatrix basiert auf Illit, in einigen Proben lassen sich auch *mixed layer* Illit/Montmorillonite und geringe Anteile von Chloriten beobachten. Die Scherbenfarbe ist auf unverbrannte organische Substanz zurückzuführen und nur zu einem kleinen Teil auf zweiwertiges Eisen. Der Brand fand also in einer mehr oder weniger reduzierenden Atmosphäre mit rauchendem Feuer statt (DASZKIEWICZ und RAABE 1995). Wenn die Verteilung der originalen Brenntemperaturen



betrachtet wird, sieht man am Anfang Keramik, die etwa zwischen 650 und 750°C gebrannt wurde.<sup>5</sup> In den mit der Zerstörung des Schwellenbaues und dem Bau des gotischen Hauses verbundenen Schichten erscheinen bei höherer Temperatur gebrannte Gefäße. Demnach koexistieren zwei Verteilungen. Eine Einzelne, bei etwa 900°C gebrannte Scherbe in der älteren Schicht ist auch die einzige, die zur Rohmaterialgruppe A' gehört. Sie ist wahrscheinlich ein Import.

Die Technologiegruppe 1 der Grauwaren (Abb. 20) umfaßt Krüge, also Tafelgeschirr. Zu dieser Gruppe gehören etwa 18% der Scherben. Die Scherben sind dicht, die sehr feinen klastischen Bestandteile der natürlichen Magerung sind ganz überwiegend Quarz, und die Tonmatrix ist illitisch. Für die Farbe ist nur zweiwertiges Eisen verantwortlich, der Brand geschah also in reduzierender Atmosphäre ohne Ablagerung von Kohlenstoff, also ohne Rauchung. Die Brenntemperaturen zeigen eine ähnliche Verteilung wie bei der Keramik der Technologiegruppe 2 mit dem Unterschied, daß bei Technologiegruppe 1 nach der Wende des 14. zum 15. Jahrhundert (Siedlungsphase II) nur noch bei höheren Temperaturen gebrannte Keramik beobachtet wird.

Die geschilderten Ergebnisse der statistischen Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse waren nur dann zu erhalten, wenn zumindest die Gesamtzahl aller Rand- und Bodenscherben betrachtet wurde. Die reduzierte Basis von 120 oder 1457 im Labor untersuchten Proben führte dagegen zu Fehlschlüssen (DASZKIEWICZ 1995). Die Klassifizierung der sehr großen Zahl von Scherben nach Zusammensetzung und Technologie war nur möglich unter stufenweiser Anwendung mehr oder weniger aufwendiger naturwissenschaftlicher Methoden.

## Vorschlag für zukünftige Keramikuntersuchungen

Die Arbeiten waren 1987 beendet und sind in einer Dissertation eingehend beschrieben.<sup>6</sup> Aus der seitherigen Erfahrung mit Keramikuntersuchungen ergibt sich, daß der Verdichtungsgrad ein wichtiges Kriterium für die Einteilung technologischer Gruppen ist. Dabei ist der Verdichtungsgrad der Scherben von dem der Matrix zu unterscheiden, was in der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt wurde. Der Verdichtungsgrad der Scherben schließt die großen Poren ein, die durch ungenügende Entlüftung der Masse beim Formgebungsprozeß entstehen, der Verdichtungsgrad der Matrix beschreibt nur die Matrix (zwischen den großen Poren) und ist außer durch die Vorbereitung der Masse vor allem von der Rohstoffzusammensetzung und vom Brand bestimmt. Als drittes Kriterium kommt die Art des Brandes hinzu: oxidierend, reduzierend, Farbzonen durch wechselnde Atmosphäre oder unvollständige Oxidation bzw. Reduktion.

Magerungsgruppen sollten nach den geologischen Korngrößenklassen unterschieden werden. Die Grenzen sollten daher 0,1-0,5-1,0-2,0 mm sein.<sup>7</sup> Von möglichst vielen Proben der zu bearbeitenden Scherbenkollektion sollten die Rohmaterialgruppen durch Nachbrennen kleiner Fragmente bei 1100° bestimmt werden. An diesen Proben lassen sich Farben und Brennverhalten vergleichen. Mehr Information ist durch Nachbrennen kleiner, mit einer Diamantsäge abgeschnittener Fragmente bei 400°, 600°, 700°, 800°, 900°, 1000° und 1100°C zu erhalten. Aus der Temperatur, bei der erste Veränderungen auftreten, läßt sich auf die originale Brenntemperatur schließen. Außerdem sind damit Farbzonen durch ihre Veränderungen mit der Temperatur interpretierbar.

Nach der Aufteilung aller Proben in Gruppen können repräsentative Scherben für weitergehende Untersuchungen ausgewählt werden. Die wichtigsten Methoden, die in ihrer Kombination eine Rekonstruktion der Herstellungstechnik ermöglichen und Informationen zur Herkunft der Rohstoffe geben, sind chemische Analyse der Haupt- und Spurenelemente, polarisationsmikroskopische Dünnschliffuntersuchungen, die Bestimmung der keramischen Eigenschaften (Rohdichte, scheinbare Porosität, Wasseraufnahmefähigkeit), Röntgendiffraktometrie und thermische Analysen (TG, DTG, DTA).<sup>8</sup> Für Fragen, welche die Funktion der Keramik betreffen, sind außer Untersuchungen von

<sup>5</sup> Die Brenntemperatur wurde aus Nachbrennversuchen in Argon, das heißt in neutraler Atmosphäre, abgeschätzt.

<sup>6</sup> MALGORZATA DASZKIEWICZ, *Technologia wyrobu ceramiki płockiej XIV-XVI w.* (Technologie der Herstellung der Keramik von Plock des 14.-16. Jhs.). Unpublizierte Dissertation, Historische Fakultät der Universität Warschau, 1992.

<sup>7</sup> In der Korngrößenklassifikation nach Udden & Wentworth ist 0,125 mm die untere Grenze für "Feinsand".

<sup>8</sup> Aufheizgeschwindigkeit ist immer 200°C/h und 1 h Haltezeit bei der Spitztemperatur, für thermische Analysen ist die Aufheizgeschwindigkeit 10°C/min.

eventuellen Resten von Gefäßinhalten auch zum Beispiel Bestimmungen der Wasserdurchlässigkeit hilfreich (DASZKIEWICZ und RAABE 1996a,b). Diese Untersuchungen sollten sowohl an den Originalscherben als auch an nachgebrannten Proben durchgeführt werden. Die Nachbrände müssen wegen der Vergleichbarkeit immer unter gleichen Bedingungen erfolgen und sollten ebenso wie die Untersuchungsbedingungen angegeben werden. Für Keramik, die zum Gebrauch auf dem Feuer dienen soll, sind Wärmeleitvermögen und vor allem Temperaturwechselbeständigkeit weitere wichtige Gebrauchseigenschaften (DASZKIEWICZ et AL. 1997). Die Untersuchung alter Keramik mit dem Ziel, daraus möglichst viele kulturhistorisch verwertbare Informationen zu gewinnen, ist nur bei Kombination verschiedener Methoden sinnvoll durchzuführen.

## Literaturverzeichnis

DASZKIEWICZ, M.

- 1995: Ein Vorschlag zur Klassifizierung keramischer Massenfunde unter stufenweiser Anwendung einfacher und aufwendiger Untersuchungsmethoden. In: Archäometrie und Denkmalpflege 1995. Jahrestagung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 75-77.

DASZKIEWICZ, M. - RAABE, J.

- 1995: Technology of firing of grey ware called "Siwak" from late Medieval Płock. In: P. VINCENZINI (ed.): The Ceramics Cultural Heritage. Firenze, 349-359.
- 1996a: Untersuchungen zur Herstellungstechnik und Herkunft der frühislamischen Keramik vom Tell Aswad bei Raqqa. In: P. MIGLUS (Hrsg.): Raqqa, Band 1. Beihefte, im Druck.
- 1996b: Zastosowanie pomiaru przepuszczalności wodnej w badaniach ceramiki zabytkowej (Anwendung von Messungen der Wasserdurchlässigkeit bei Untersuchungen alter Keramik). Ceramics 50, Polish Ceramic Bulletin 12 (Polish Academy of Science - Krakow Division, Papers of the Commission on Ceramic Science, Polish Ceramic Society), 235-238.

DASZKIEWICZ, M. - RANACHOWSKI, P. - BOBRYK, E.

- 1997: Versuche zur Bestimmung der Temperaturwechselbeständigkeit archäologischer Kochtopfkeramik mit Ultraschallmessungen. Archäometrie und Denkmalpflege, Kurzberichte. Wien. 126-128.

HILL, R. D.

- 1953: The rehydration of fired clay and associated minerals. Transactions of The British Ceramic Society 52, 589-613.

ZAUN, P. E.

- 1982: Einflüsse der Bodenlagerung auf antike Keramik. Mineralneu- und rückbildung als mögliche Grundlagen für neue Datierungshilfen. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte 3, 106-118.

Technologiegruppen	Rohmaterialgruppe						
	A	A'	B	B'	C	D	G
	% Anteil						
1	1,8		55,6	0,6	41,5	0,6	
2	10,2	0,3	51,5		35,5	2,5	
3	18,2		65,6		16,2		
4	18,6		44,7	0,4	25,7	10,6	
5	0,7		4,3		2,7	<b>92,4</b>	
6	15,7		46,1		29,8	8,4	
7	36,8		15,8		26,3	21,1	
x	9,1		47,7		22,7	20,5	
y							100,0

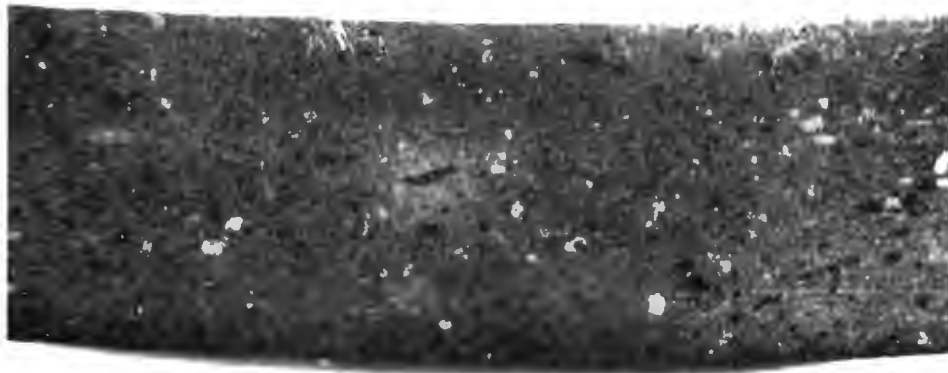
Tab. 1. Prozentuale Anteile der Rohmaterialgruppen in den Technologiegruppen.

Technologiegruppen	Magerungsgruppe						
	0	1	2	3	4	5	6
	% Anteil						
1	71,9	24,0	4,1				
2	8,5	32,5	53,2	5,5	0,3		
3	22,7	37,0	36,4	3,9			
4	0,4	2,2	38,1	32,7	18,6	5,8	2,2
5			<b>100,0</b>				
6	7,3	8,4	40,4	24,7	12,4	6,2	0,6
7				15,8	21,1	42,1	21,1
x	2,3	2,3	40,9	34,1	15,9	4,5	
y							100,0

Tab. 2. Prozentuale Anteile der Magerungsgruppen in den Technologiegruppen.

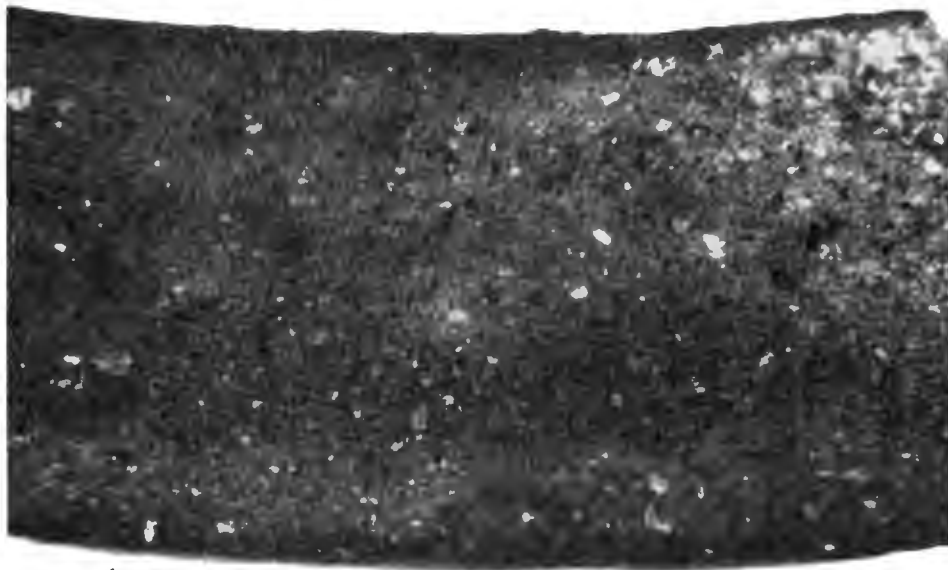
Siedlungsphase	Technologiegruppen									
	1	2	3	4	5	6	7	x	y	
	% Anteil									
<b>IV</b> Zweite Hälfte des 16. Jhs.: Stadthaus	1,9	1,5	0,6	1,7	<b>97,9</b>	2,3				
<b>III</b> 15. Jh. und erstes Viertel des 16. Jhs.: gotisches Haus	<b>20,9</b>	12,3	7,9	3,4	<b>52,3</b>	3,1	0,1	0,0		
<b>II</b> Zweite Hälfte des 14. Jhs.: Schwellenbau	<b>17,9</b>	<b>31,9</b>	<b>12,2</b>	11,7	18,6	5,6	2,0	0,1		
Schichten, die mit Zerstörungs- und Ausgleichshorizonten eines Gruben- hauses und mit den Bauschichten des Schwellenbaues verbunden sind	<b>20,6</b>	<b>37,0</b>	<b>14,3</b>	9,2	7,1	8,8	2,5	0,4		
<b>I</b> Erste Hälfte des 14. Jhs.: Grubenhaus mit offenen Feuerstellen	<b>19,9</b>	<b>29,4</b>	<b>14,7</b>	13,3	10,6	6,5	<b>6,3</b>	0,2	0,2	

Tab. 3. Häufigkeit der Technologiegruppen in den verschiedenen Siedlungsphasen.



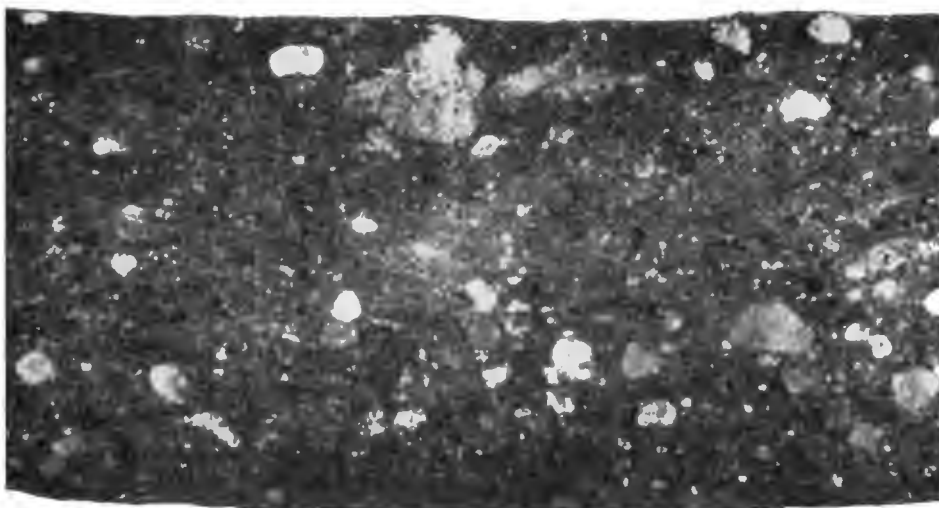
1 mm

Abb. 4. Scherbenquerschnitt Probe 1445, Technologiegruppe 1, Rohmaterialgruppe B, Magerungsgruppe 0 (1 B, 0).



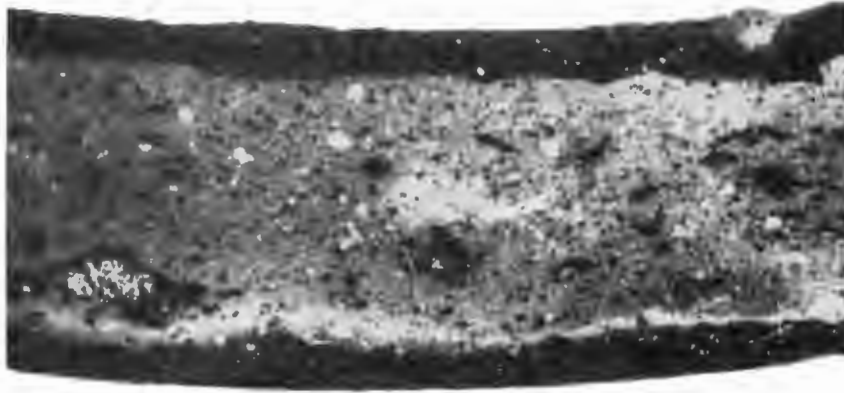
1 mm

Abb. 5. Probe 102 (2 C, 0).



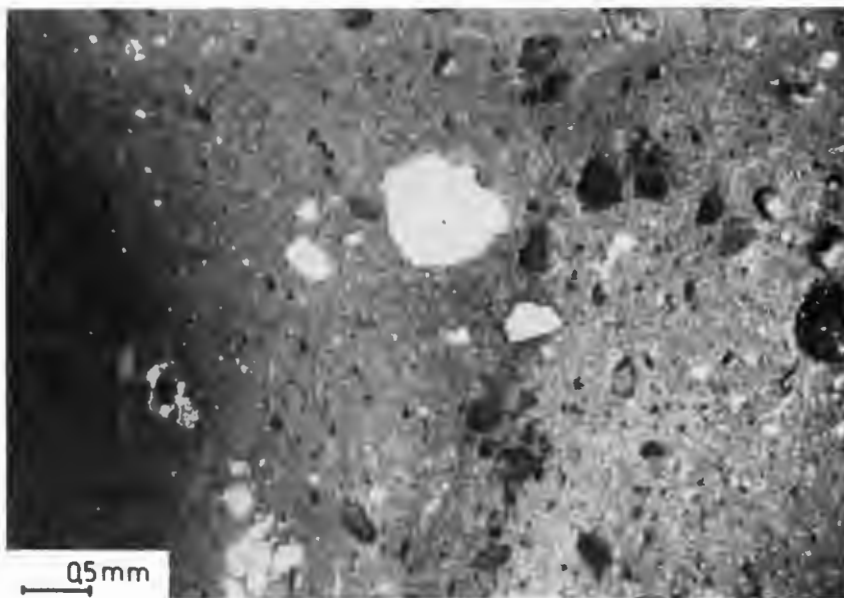
1 mm

Abb. 6. Probe 426 (2 C, 3).



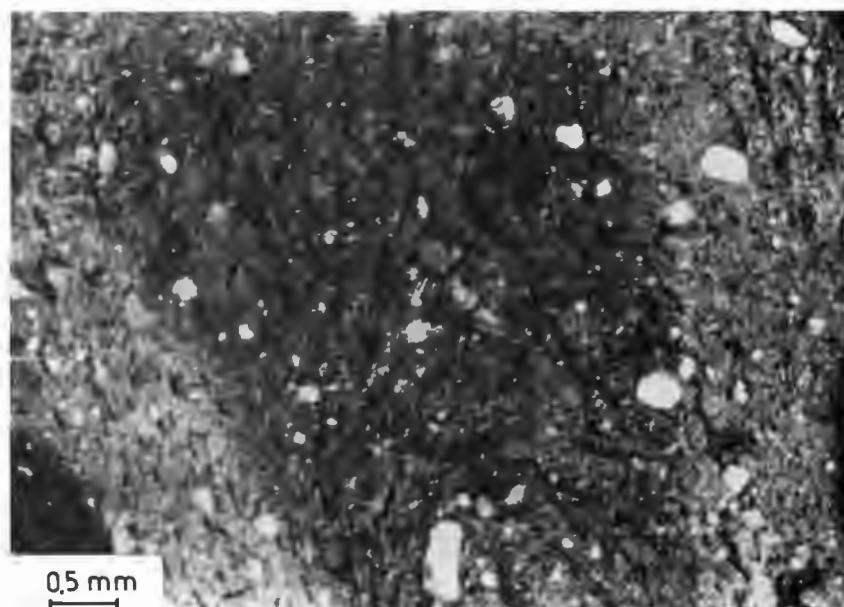
— 1mm

Abb. 7. Probe 1428 (3 B, 0).



0.5mm

Abb. 8. Probe 683 (3 C, 1).



0.5 mm

Abb. 9. Probe 682 (3 A, 1).

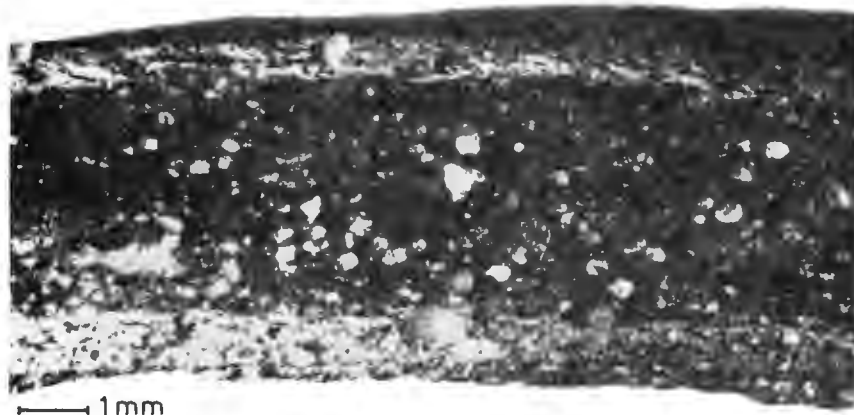


Abb. 10. Probe 876 (4 C, 2).

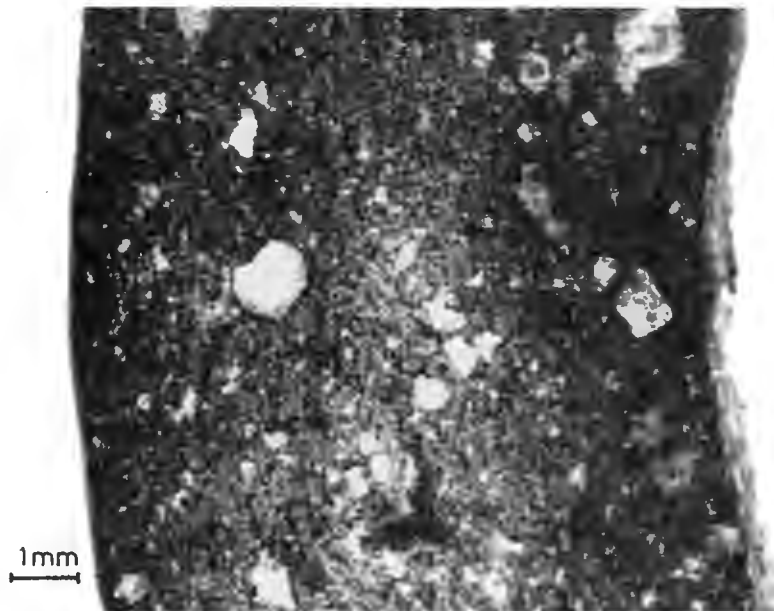


Abb. 11. Probe 268 (4 A, 3).

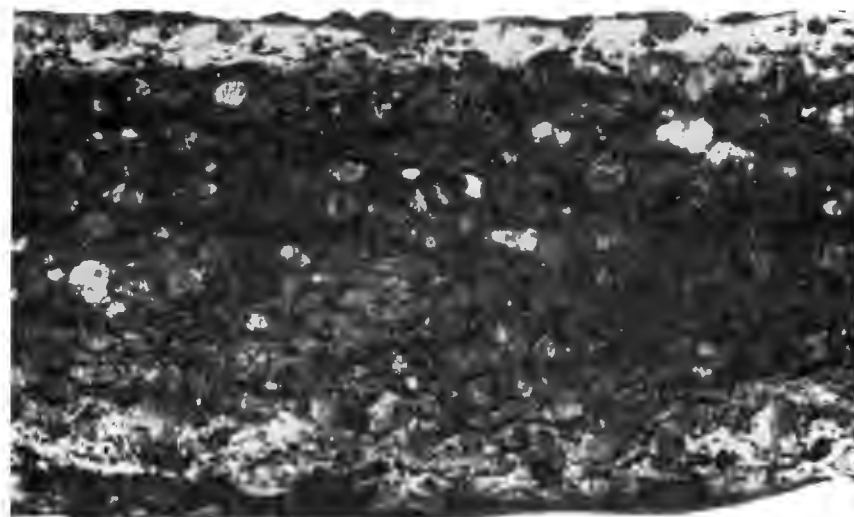


Abb. 12. Probe 1177 (5 D, 2).

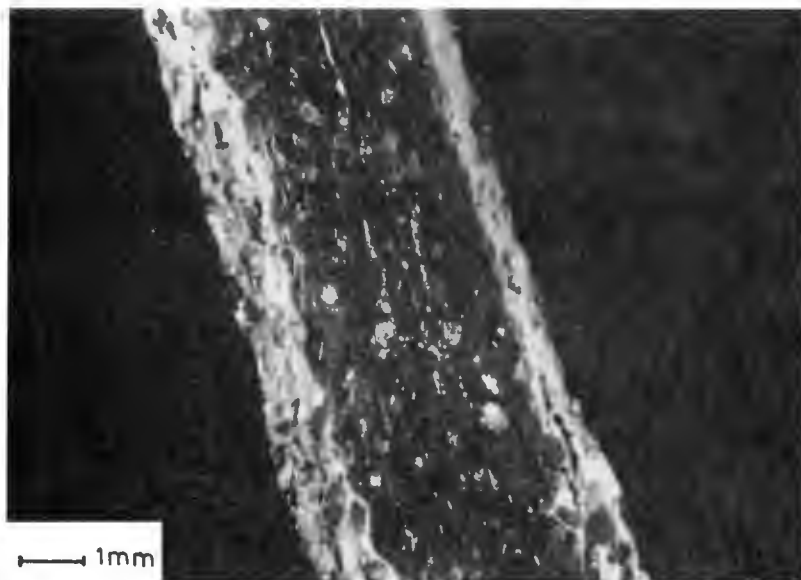


Abb. 13. Probe 976 (5 D, 2).

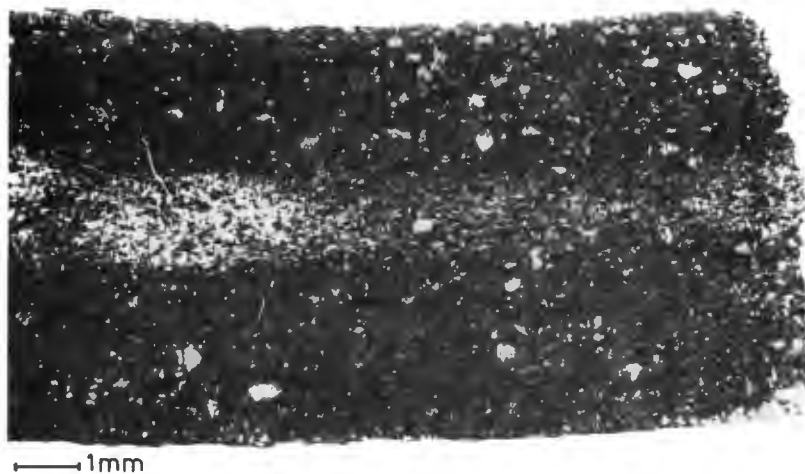


Abb. 14. Probe 1041 (5 D, 2).

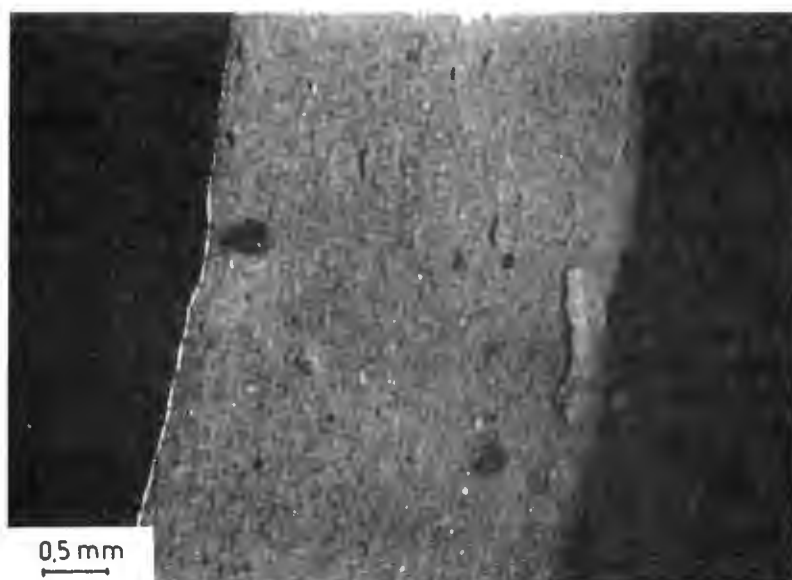
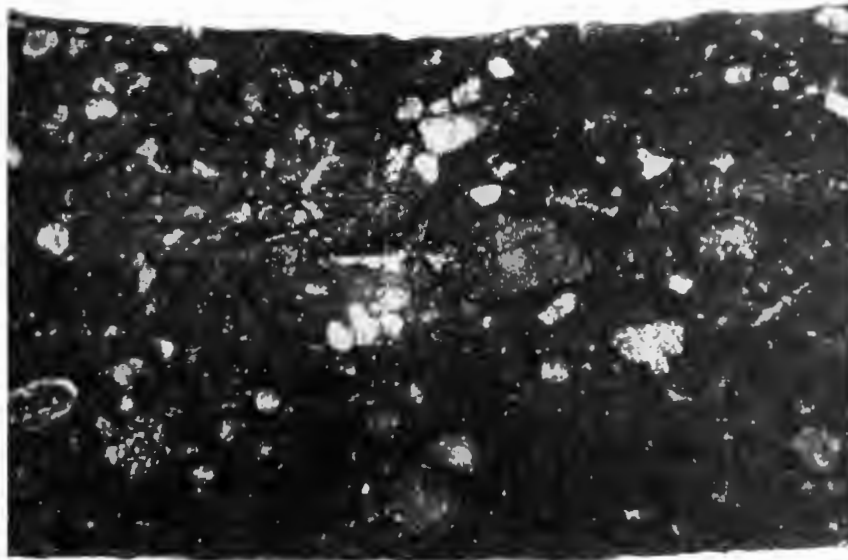
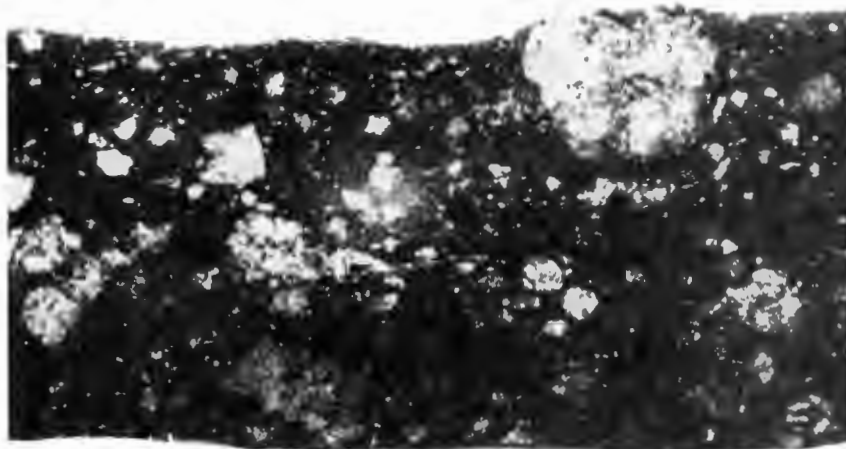


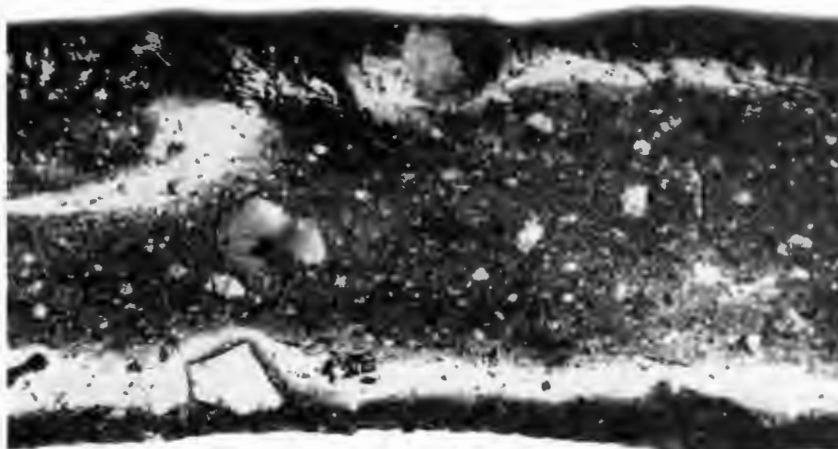
Abb. 15. Probe 972 (6 B, 0).



— 1 mm  
Abb. 16. Probe 1187 (6 B, 4).



— 1 mm  
Abb. 17. Probe 169 (7 C, 5).



— 1 mm  
Abb. 18. Probe 147 x D, 4).



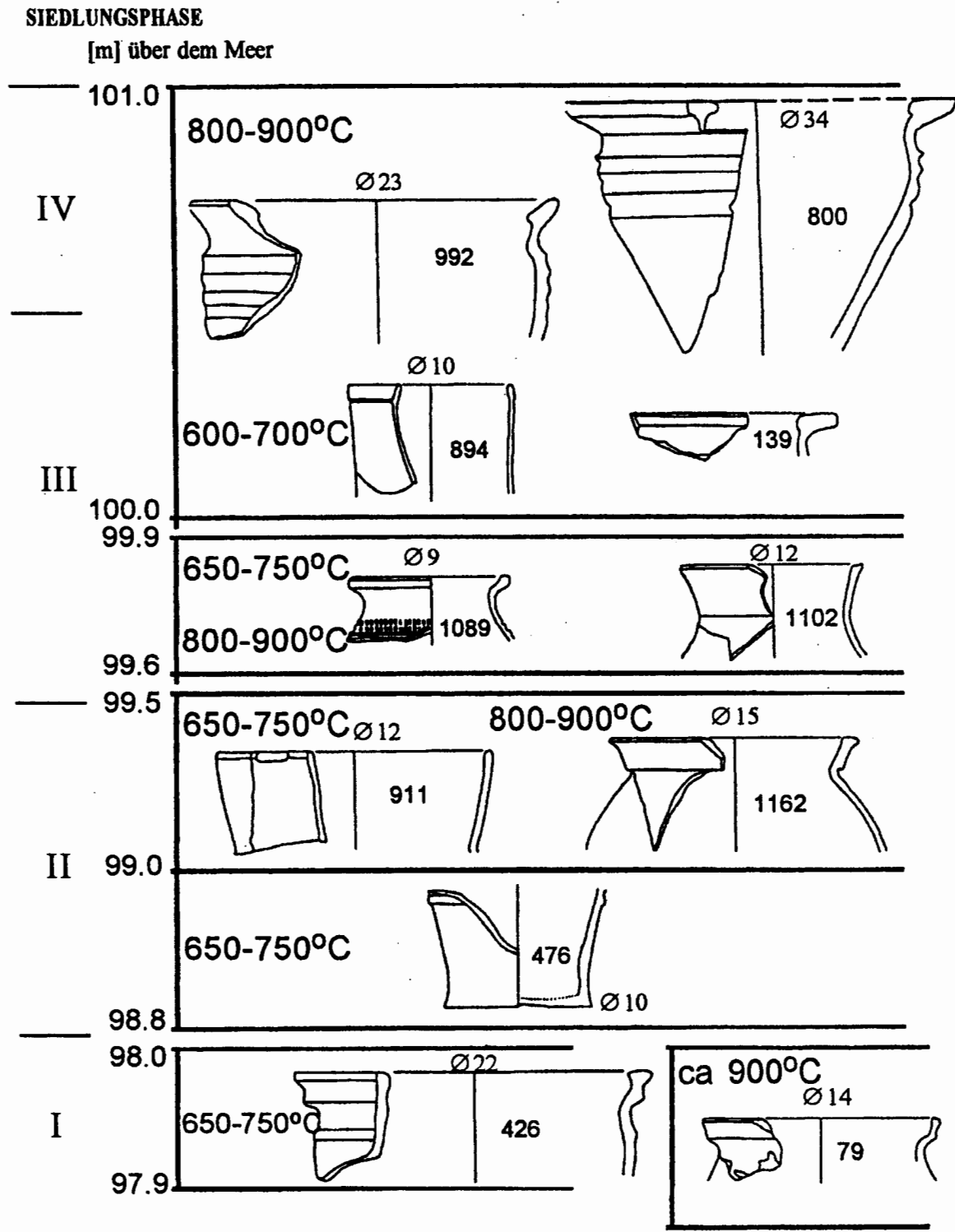


Abb. 19. Technologiegruppe 2: originale Brenntemperaturen typischer Gefäßformen in verschiedenen Siedlungsphasen.

**SIEDLUNGSPHASE**

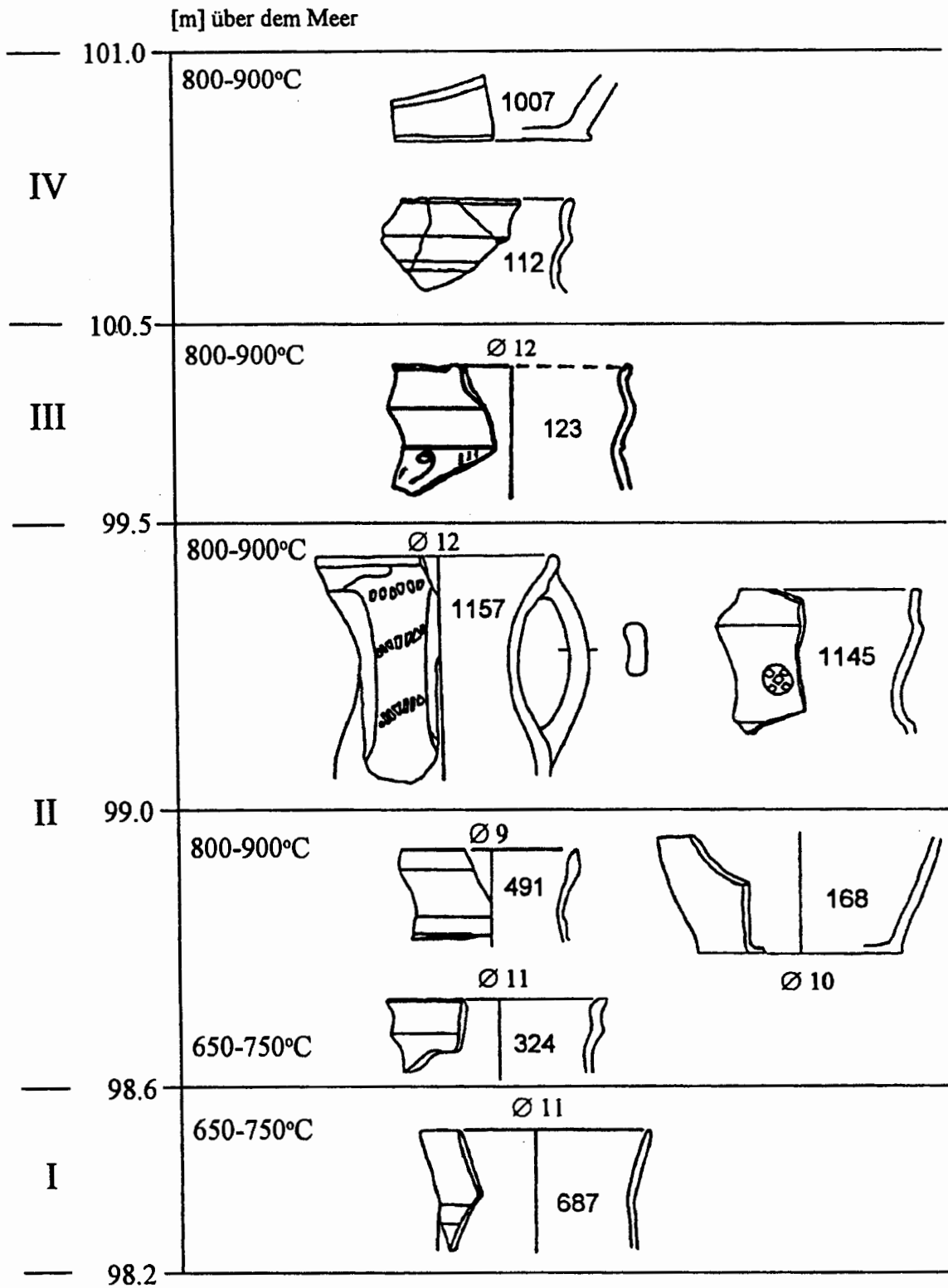


Abb. 20. Technologiegruppe I: originale Brenntemperaturen typischer Gefäßformen in verschiedenen Siedlungsphasen.