

Zur Standardisierung der Formschüsseln der Bildsigillata

(Standardisierung VIII)

In die bisherigen Untersuchungen zur Standardisierung¹ der römischen Keramik waren die Bildschüsseln nur am Rande mit einbezogen worden. Dies aus mehreren Gründen:

Der Rand der Bildschüssel (Drag. 37) ist frei über die Formschüssel hinaus angedreht worden und nicht in einem nachfolgenden Arbeitsgang angesetzt, wie in der Literatur oft irrtümlich angegeben. (So etwa bei v. Bülow 1977). Davon kann man sich leicht bei der mikroskopischen Untersuchung von Anschliffen des betreffenden Bereichs einer Bildschüssel überzeugen.

Durch diese Arbeitsweise des Töpfers ist es möglich, daß ein Rand von verschiedener Höhe und verschiedenem Durchmesser angedreht wurde (wenn auch nach Maß!) und somit keine Auskunft über eine Standardisierung des Bildteils erzielbar ist.

An einer unzerbrochenen Bildschüssel ist der Bildteil meßtechnisch nur schwer zugänglich. An einer fragmentarischen Bildschüssel ist die Messung zwar einfacher,

aber die notwendige Rekonstruktion des fehlenden Teils führt zu unzulässig hohen Fehlern des Gesamtergebnisses. Schließlich ergeben verschiedene Ausformungen aus einer Formschüssel mehr oder weniger gleiche Schüsseln und damit Maße, wodurch eine eventuell nicht existente Standardisierung vorgetäuscht werden könnte.

Um die Normung von Bildschüsseln zu untersuchen, muß man daher von der Formschüssel selbst ausgehen. Formschüsseln gehören zu den selteneren Funden bei normalen Ausgrabungen, da sie ja nicht, wie die Ware selbst, weit streuend verhandelt wurden. Besonders günstig ist daher das Material von einer ausgegrabenen Töpferei. Dr. Roller vom Museum zu Speyer gab nun die Möglichkeit, einige der Rheinzaberner Formschüsseln zu vermessen. Ihm sei deswegen an dieser Stelle herzlich gedankt.

Aus der reichhaltigen Sammlung des Museums wurden die für die Untersuchung wesentlichen Durchmesser von 33 Modellen vermessen (Fig. 1).

1) No 697	φ oben 178/9 mm	Bemerk.: Stemp. unleserl., 'IULIUSF' Stemp. unleserl., 'IULIUSF'
2) No 248	φ oben 177	
3) No 251/S.L.F.XVIII	φ oben 160	
4) No 236/S.L.F.XVIII	φ oben 205 (3-6)	Stemp. IULIUSF
5) No 322/S.L.F.XXXIV	φ oben 194	Stemp. REMNUSF
6) No SL ON 81	φ oben 174	
7) No SL ON 82	φ oben 158	
8) No SL ON 24	φ oben 149/50	
9) No SL ON 78	φ oben 162	
10) No SL ON 50	φ oben 173	
11) No SL ON 68	φ oben 184/6	
12) No SL ON 70	φ oben 188/9	
13) No SL ON 36	φ oben 188/9	
14) No SL ON 70	φ oben 206/7	
15) No SL ON 75	φ oben 172	
16) No SL ON 69	φ oben 167/8	
17) No SL ON 48	φ oben 158/9	
18) No SL ON 52	φ oben 17/3	
19) No SL ON 64	φ oben 167/8	
20) No SL ON 46	φ oben 155	Formsch. ist nicht geklebt
21) No SL ON 55	φ oben 162	Formsch. ist nicht geklebt
22) No SL ON 51	φ oben 160	
23) No SL ON 71	φ oben 164	
24) No SL ON 45	φ oben 162/3	
25) No SL ON 223	φ oben 178/9	
26) No SL ON 49	φ oben 183	
27) No SL ON 409	φ oben 172	
28) No SL ON 191 1 af	φ oben 184	Formsch. ist nicht geklebt
29) No SL 7 (?)	φ oben 172	
30) No SL ohne weitere No.	φ oben 183	
31) No SL ON 38	φ oben 173	
32) No SL ohne weitere No.	φ oben 157	
33) No SL ON 39	φ oben 173/4	

Aufnahme der oberen Durchmesser von Formschüsseln für Bildsigillata im Historischen Museum der Pfalz.

Speyer am 9.8.1975

Die Bilderschüsseln-Formschüsseln sind sämtlich aus Rheinzabern. Sie gehören dem flachen Typ mit umlaufendem Wulst an.

Fig. 1

Es handelt sich selbstverständlich um die inneren Durchmesser.

Die Durchmesser der Bildschüsseln wurden in eine Graphik übertragen (Fig. 2), die die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Werte anzeigt: Einheitslänge auf der Abzisse: 5 mm, auf der Ordinate 1:1. Von der Graphik wurden die Maxima abgelesen und tabelliert. Unter der Annahme, daß der Trocken- und Brennschwund ein Achtel beträgt², wurde der Durchmesser der frisch gedrehten Formschüssel errechnet. Unter der gleichen Annahme der Durchmesser der Ausformung. Alle Werte sind in mm, dig. sowie unc. angegeben (Fig. 3).

Es fällt auf, daß maximale Werte der Durchmesser der dreheuchten Formschüsseln (FS) mit sinnvoller Genauigkeit den Viertel-Unzen-Abstufungen folgen. Im Allgemeinen liegen die Abweichungen unter 10% einer Stufe (= 0,25). Daraus resultieren häufig, nicht immer, Durchmesser der gebrannten FS innerhalb der Stufen der digitus-Skala. Das stärkste Maximum bei 173 mm entspricht 7 unciae, bei der ungebrannten frischen FS natürlich glatt 8 unciae = 2/3 pes! Das zweitstärkste Maximum bei 162 mm gibt für die frische FS einerseits 7,5 u, aber andererseits auch glatt 10 digiti! Dem entsprechen recht genau 8,75 digiti nach dem Brand der FS. Alle anderen Maxima treten demgegenüber zurück.

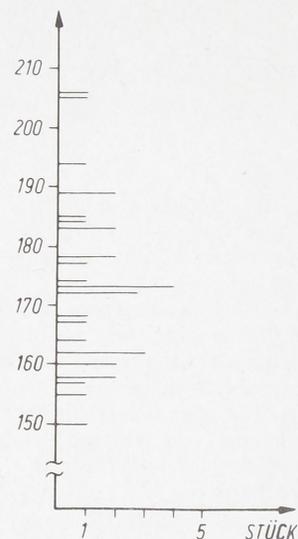


Fig. 2

Die Maxima liegen bei			entsprech. feuchte FS			Ausformung		
mm	dig	uncia	mm	dig	uncia	mm	dig	uncia
157,5	8,51	6,40	180,00	9,73	7,31	137,81	7,45	5,60
162,0	8,75	6,58	185,14	10,00	7,52	141,75	7,66	5,76
167,5	9,05	6,80	191,42	10,35	7,78	146,56	7,92	5,95
173,0	9,35	7,03	197,71	10,69	8,03	151,37	8,18	6,15
178,0	9,62	7,24	203,42	11,00	8,26	155,75	8,42	6,33
183,0	9,89	7,46	209,71	11,34	8,52	160,56	8,68	6,52
189,0	10,22	7,68	216,00	11,67	8,78	165,38	8,94	7,73
194,0	10,49	7,89	221,71	11,99	9,01	169,75	9,18	6,90
205,5	11,11	8,35	234,86	12,69	9,52	179,81	9,72	7,30

Fig. 3

Bei den Ausformungen werden die Maßmarken oft nur mit mäßiger Genauigkeit erfüllt. Die seltener vertretene Formschüssel mit 9 dig ϕ ergibt befriedigend eine Ausformung von einem halben Fuß ϕ . Eine Ausformung aus jener Schüssel, die naß 8 Unzen mißt, weicht allerdings nur 3 mm von 0,5 pedes ab, so daß hierdurch deren größte Häufigkeit voll erklärt ist. Die FS zweitgrößter Häufigkeit ergibt eine Ausformung von 5,76 dig ϕ . Aus den glatten Anfangs-, Mittel- und Endmaßen ist dieses Maximum hinreichend erklärt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

Acht von 33 Bildschüsseln, gut ein Viertel, maßen 7 unciae; dies beweist hinreichend die weiter oben gemachte Voraussetzung. Demnach waren die Formschüsseln zu den Bildschüsseln in Rheinzabern nach Maß hergestellt. Man ging offensichtlich in der Antike vom Durchmesser in der dreheuchten Schüssel aus: Der Schwund des Tones war auf ein Achtel eingestellt. Man achtete darauf — ohne sich voll daran zu binden — daß auch die gebrannte Formschüssel möglichst einer der

römischen Skalen entsprach. Weiterhin sollte auch noch das Endprodukt, i. e. die Ausformung nach dem Brand, einer der beiden Skalen, i. e. uncia oder digitus, entsprechen. Dies führte zur Bevorzugung gewisser Ausgangsmaße: Eine Formschüssel, die naß 2/3 Fuß mißt, ergibt schließlich mit einem Fehler von rund 3 mm eine Ausformung von 1/2 Fuß (erstes Maximum). Eine Schüssel, die feucht 10 digiti mißt, führt zu einer Ausformung von 5,75 unciae (Zweitstärkstes Maximum).

Damit ist auch für die noch ausstehende Keramikgruppe der Bildschüsseln erwiesen, daß sie, wie die anderen Typen der römischen Keramik der transalpinen Provinzen, nach Maß hergestellt waren.

Für die Formschüsseln selbst kann anhand dieser Erkenntnis eine Erklärung des unten umlaufenden Randes oder Kragens versucht werden. Dieser Kragen ist in Rheinzabern ja nicht singulär und tritt beispielsweise auch an den Formschüsseln von Sinzig³ und anderen auf.

Einmal abgesehen davon, daß dieser Rand eine gute

¹ Standardisierung VII: Acta praehistorica et archaeologica 5/6 (1974/75) 201–210.

² Rottländer 1969.

³ Fischer 1969.

Handhabe beim Arbeiten mit der Formschüssel ist, besonders in dem Augenblick, wo der Formling aus dem Model entnommen werden soll, hat dieser Kragen eine ähnliche Funktion wie bei dem Typ Drag. 38⁴, i. e. er macht die Formschüsseln stapelbar – was einen gleichen Durchmesser voraussetzt.

Um zu sehen, welchen Vorteil dies hat, sei der Vorgang der Ausformung eines Formlings näher betrachtet:

Es sei vorausgesetzt, daß eine Schüssel mit einem oberen Durchmesser von 1 römischen Fuß (18 digiti, 296 mm) gemacht werden sollte. Dieser Durchmesser ist dann gleich dem Innendurchmesser des Models. Der reine Trockenschwund eines guten Töpfertons liegt bei 7–8%. Da die frisch eingedrehte, – nach neueren Untersuchungen auch eingeknetete⁵ – Bildschüssel nicht bis zum letzten Abtrocknen in der Formschüssel bleibt, dürfte mit einem Schwund um 6% zu rechnen sein. Das macht etwa 18 mm oder rund einen digitus auf den gesamten Durchmesser aus. Auf jeder Seite dürfen sich also die Figuren oder Ornamente 1/2 dig. über den Grund der Schüssel erheben. Für die Schüsseln mit einem halben-Fuß Durchmesser gilt, daß die Ornamente 1/4 digitus erhaben sein dürfen. Offensichtlich ist dieser Betrag bei den Arretiner Kelchen voll ausgenutzt worden.

Neben dem Produkt sollte man indes die Formschüssel nicht vergessen: Sie saugt das Wasser aus dem frischen Ton auf. Dies geschieht natürlich besonders an der Grenzfläche, wodurch der eigentliche Ablösevorgang zwischen Form und Produkt erzielt wird. Wenn jetzt die neue Schüssel aus dem Model entfernt ist, so hinterbleibt er sehr feucht.

Würde man nun unmittelbar anschließend versuchen, eine zweite Schüssel aus dem Model auszuformen, so würde man einen Mißerfolg erleben. Der Model ist jetzt genau dort feucht, wo er Wasser aufnehmen sollte, damit die Trennung zwischen Matrize und Erzeugnis vonstatten geht. Man müßte also sehr lange warten, bis beides getrocknet ist. Falls die neugeformte Schüssel von innen her schneller trocknet als das übrige, so zerreißt sie und die Teile bleiben im Model kleben.

Für die Formschüssel gelten daher folgende Voraussetzungen:

- 1 Sie muß vor Gebrauch trocken sein.
 - 2 Sie muß das Wasser möglichst rasch aufnehmen.
 - 3 Sie muß trotzdem glattwandig sein.
- Wie lassen sich solche Forderungen in einem Serienbetrieb erfüllen?

Man kann natürlich mit einer so großen Zahl von Formschüsseln arbeiten, daß man das natürliche Abtrocknen abwarten kann – was je nach Wetter, ein bis zwei Tage dauert. Das hieße aber, daß ein einzelner Töpfer überschlagsmäßig mindestens 200 Formschüsseln gleichzeitig in Betrieb gehabt haben muß. Dies bedeutet eine große Investition – zu groß für einen nüchternen Rechner.

Etwas anderes geht besser: Die Formschüssel wird nicht sehr hoch gebrannt, so daß sie recht porös ist. Man stellt

zudem eine Serie gleichgroßer Formschüsseln her. (cf. weiter oben). Davon seien etwa 50 vorhanden. Man töpferfert so daß man zunächst immer eine frische Formschüssel nimmt. Hat man 20 oder 25 benutzt, so stapelt man sie aufeinander und trocknet sie in einem Holzgestell nahe am Töpferofen. Das Stapeln verfolgt einen doppelten Zweck:

Einmal wird wenig Platz verbraucht – denn der ist ja um den Ofen herum knapp.

Zweitens aber verdampft dadurch das Wasser an der Außenwand der Schüsseln. Dies ist unumgänglich notwendig weil sonst im Innern der Modeln die Poren durch die im Wasser gelösten Salze und Gele verstopft werden. Sind an sich schon in jedem Brunnenwasser Salze gelöst, wobei besonders an Calciumcarbonat und Calziumbicarbonat zu denken ist, so ist bei der römischen Keramik noch damit zu rechnen, daß durch Mauken oder Zusatz von Soda oder Pottasche zum Ton eine weitere Anreicherung an wasserlöslichen und peptisierten Stoffen bestand. Wenn die Außenwand der Schüssel schließlich verklebt war, so konnte man durch einfaches Abkratzen die Funktionsfähigkeit wieder herstellen.

Wenn also heute Formschüsseln in einem sehr schlechten Zustand gefunden werden, wie das besonders für die Formschüsseln von Sinzig betont worden ist³, so hat das seine technologischen Ursachen: Die Schüsseln waren niedrig gebrannt (cf. die Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop) und absichtlich porös, somit mechanisch weniger stabil.

Von dieser absichtlichen, sagen wir primären Porosität ist die sekundäre, unabsichtliche zu unterscheiden. Sie tritt an aller Keramik in „ungünstigen Böden“ auf. Es galt wohl bisher die Überzeugung, daß alkalische Böden deshalb hierfür verantwortlich seien, weil Alkalien selbst Quarz zu lösen vermögen.

Unsere Untersuchungen im Zusammenhang mit der Patinabildung am Flint haben gezeigt, daß diese Auffassung zu modifizieren ist und andere Ursachen mit hereinspielen⁶ (cf. Analysen weiter unten).

Zur Abstützung dieser mehr allgemeinen Vorstellungen wurden ergänzende Untersuchungen durchgeführt:

Von einer Auswahl von 15 Proben bestimmten wir die Porosität indem das Trockengewicht (A) festgestellt wurde. Dann wurden die Proben in Wasser gelegt – alles in ein Vakuum von 9 mm Hg gebracht und nach einer Stunde der Normaldruck wieder hergestellt. Nachdem die Scherben eine weitere Stunde im Wassergelegen hatten, wurden sie äußerlich kurz abgetrocknet und erneut gewogen (B). Nach der Formel

$$\frac{B - A}{A} \cdot 100 = n\%$$

wurde der Porositätsgrad ermittelt. Wenn dies auch wegen der unterschiedlichen Dichte der Scherben nicht sehr genau sein kann, so ist doch die erhaltene Auskunft im gegebenen Zusammenhang ausreichend (cf. auch Sanders⁷ und Heimann⁸).

⁴ Rottländer 1967.

⁵ Juránek 1976.

⁶ Rottländer 1976.

⁷ Sanders 1973.

⁸ Heimann 1976.

No.	Art des Scherbens	Gewicht A	Gewicht B	%
1	Sigillata, 3 Jhd., Engobe	—	—	—
2	Sigillata, 3. Jhd., Scherben	0,36973	0,44357	20
3	Sigillata, stark ausgelaugt	1,94498	2,22843	14,8
4	La Tène, Muster Überzug	—	—	—
5	La Tène, Muster Scherben	5,87098	6,45576	9,93
6	„La Tène“, glatt, (röm.) Überzug	—	—	—
7	„La Tène“, glatt, (röm.) Scherben	0,42497	0,46310	9,00
8	Arretiner Ware, Scherben	1,28895	1,51841	17,8
9	Weißton, dicht, röm., Scherben	0,76957	0,86343	12,2
10	Weißton ausgelaugt, röm., Scherben	2,09587	2,42387	15,7
11	Ägypt. Kanne, rezent, Scherben	2,87090	3,49623	21,8
12	Lederhart polierter Scherben rezent	1,86875	2,18567	17,0
13	Um 1600, Scherben	6,72722	6,82402	1,44
14	Großgriechisch, Spanien, Scherben	10,80221	11,32815	4,88
15	Hallstädtisch, Spanien, Castro I, Scherben	7,74700	8,67615	12,00
16	Hallstädtisch, Spanien, Castro I, Engobe	—	—	—
17	Hallstatt, Heuneburg, Scherben	0,94600	1,04518	10,45
18	Hallstatt, Heuneburg, Engobe	—	—	—
19	FORMSCHÜSSEL, röm. Scherben	0,03075	0,04100	10,63
20	FÖRSTERMOOR, neol.	2,98258	3,56198	19,4

Fig. 4

So zeigt sich, daß der absolute Anteil an Hohlraum gar nicht das wesentliche Merkmal für eine Formschüssel ist. Normale Sigillata (Arretina) zeigt den doppelten Prozentsatz. Römische Weißtonkannen enthalten weniger innere Hohlräume und lassen trotzdem Wasser ziemlich gut durch. Hallstädtische Keramik und die in La Tène-Tradition stehende terra nigra dagegen liegen im Bereich der Formschüsseln.

Dieser zunächst überraschenden Feststellung seien Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop entgegengestellt. Bei etwa 2000-facher Vergrößerung sind die maßgebenden Details zu erkennen:

Sowohl die Sigillata als auch die Formschüssel besteht aus einem relativ feinkörnigen Material. Während aber die Gebrauchsware recht hoch gebrannt ist, wodurch die

Versinterung ziemlich fortgeschritten ist und andererseits die Bildung mehr blasenförmiger Hohlräume begünstigt ist, sind die Bestandteile des Tons der Formschüssel nur sehr lose aneinandergebunden, so daß ein System von feinen, aneinanderhängenden Poren entsteht. Offensichtlich kommt es nicht nur auf die Gesamtaufnahmekapazität für Wasser an, sondern auf eine starke Kapillarwirkung. Außerdem enthält die Formschüssel einen vergleichsweise hohen Anteil SiO_2 , (der eventuell als Feinsand zugegeben wurde, aber auch peptisierte Kieselsäure gewesen sein könnte; cf. weiter unten.) Der Anteil an CaO ist deutlich tiefer als etwa bei der Arretina. Wegen der tiefen Brenntemperatur bringt das keinen Nachteil. (cf. Analysen in Fig. 5).

Energiedispersive Röntgenspektroanalyse antiker Scherben.

No.	Art des Scherbens	CaO%	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	MgO%	Al ₂ O ₃	K ₂ O%	Σ	SiO ₂ ber.
102	Sigillata des 3. Jhds.	4	8	1	18	13	5	49	50
103	Sigillata des 3. Jhds., stark ausgelaugt	2	8	1	5	15	6	37	61
108	Arretina	7	8	1	5	12	3	36	63
119	Bildformschüssel	3	7	1	4	13	3	31	68
105	Terra nigra	1	6	1	2	21	2	33	66
107	Terra nigra	1	6	1	2	18	2	30	69
109	Weißton	1	6	1	2	18	2	30	69
110	Weißton stark ausgelaugt	1	6	1	2	22	1	33	66
114	Großgriechisch (Spanien)	11	8	1	5	6	4	35	64
115	Hallstädtisch „Castro I“ (Spanien)	3	10	1	4	21	4	43	56
117	Hallstädtisch Heuneburg	3	12	1	3	20	2	41	58

Die Endummern der Proben entsprechen denen der Fig. 4. (Die Prozentangaben sind auf ganze Zahlen auf- oder abgerundet, da bei der Analyse Matrixeffekte nicht ganz auszuschalten waren.)

Fig. 5

Weißtonkannen, terra nigra und hallstädtische Ware zeigen eine durchschnittlich doppelt so große Körnung. Die Bestandteile sind mehr blättchenförmig, sie schmiegen sich aneinander und sind gut miteinander versintert. Tiefgebrannte Gebrauchsware zeigt eine mehr krümelige Struktur. Scherbenproben, die durch Bodenlösungen stark ausgelaugt und abreiblich geworden sind, zeigen an den Blättchen ausgefressene Ränder und die Ausbildung von inneren Kanälen. Der Kalziumgehalt ausgelaugter Sigillata ist erniedrigt. Für die Nigra scheint ein besonders feinblättriger Ton verwendet worden sein, was den Gedanken des Maukens vor der Verarbeitung nahelegt.

Doch nach diesen den Rahmen absteckenden Untersu-

chungen zur Porosität wieder zurück zur Formschüssel: Irgendwann nach längerem Gebrauch wurde eine Formschüssel unbrauchbar, und der Töpfer warf sie zum Abfall.

Einer der Gründe ist der, daß die Bilder zu flau wurden. Offensichtlich spielen aber auch andere Ursachen mit, denn man findet (ursprünglich) nicht zerbrochene Formschüsseln mit noch recht scharfkantigen Profilen und sogar solche, die wegen vorstehender Grate nie zum Ausformen benutzt worden sein können (freundl. Mitteilung von H.G. Rau). Ursache könnte indes sein, wie oben ausgeführt, daß sich die Poren des Modells verstopft haben. Zur Berechnung benötigt man die Dichte. (in g/cm^3) der Scherben. Wir fanden:

	Wasseraufnahme des Rohtons	Trocken- schwund	Brand	Gesamt- schwund	Dichte
Arretina	—	—	oxidiert	12,5%	2,48
Bildsigillata	—	—	oxidiert	12,5%	2,38
ausgelaugte Sigillata	—	—	oxidiert	12,5%	1,81
Mittel aus 1 + 2	—	—	oxidiert	12,5%	2,43
Keuperlehm (1000°C/6h)	39%	11,6%	oxidiert	12,6%	1,78
Keuperlehm + 50% Quarz (1000°C/6h)	30%	3,9%	reduz.	6,1%	1,80
Keuperlehm (1000°C/6h)	40%	13,7%	reduz.	16,2%	1,89

Fig. 6

Um nun zu einem Ansatz zu gelangen, welche Wassermengen die Formschüssel aufnehmen muß, sei vorausgesetzt, daß sie ein äußeres Drittel einer Hohlkugel von ca. 1 cm Wandstärke darstelle. Dann berechnet sich der Rauminhalt dieser Kalotte wie folgt:

$$V_{K1} - V_{K2} = \frac{4}{3} \pi \cdot (r_1^3 - r_2^3).$$

Für r_1 seien 15,8 cm, für r_2 14,8 cm angenommen. Die Formschüssel hat dann innen 1 cm Durchmesser, ein Volumen von 1120 cm^3 und bei einer Dichte von $2,4 \text{ g}/\text{cm}^3$ ein Gewicht von 2,7 kg.

Die Ausformung soll auch eine Wandstärke von 1 cm haben, so daß hier die Radien $r_2 = 14,8$ und $r_3 = 13,8$ gültig sind. Ihr Volumen beträgt rund 810 cm^3 und wiegt etwa 1,95 kg. Bei einer angenommenen Wasseraufnahme von 40% (siehe Tabelle) entspricht das rund 800 g Wasser. Wie wir feststellten, ist die Schrumpfung des Tones hinreichend weit fortgeschritten, wenn er 50% des aufgenommenen Wassers an die Formschüssel abgegeben hat, also rund 400 ml. (Dies ist nach ca. 5 Std. frühestens der Fall.) Die Formschüssel nimmt also bei 1000-facher Benutzung (solche Zahlen gelten als wahrscheinlich) $1000 \times 400 \text{ ml} = 400\,000 \text{ ml}$ oder 400 l Wasser auf. Bei einer Wasserhärte von 0,75 g/l (Tübingen, Schloß) entspricht dies ca. 300 g an festen Stoffen.

Die angenommene Formschüssel nimmt rund 11% ihres Gewichts an Wasser auf: 297 g (cf. Fig. 4: No. 19). Sie sollte nach obigem Ansatz mindestens 400 ml aufnehmen können. Dies kann sie auch, denn einmal dringt das Wasser durch sie durch und verdampft außen, zum anderen ist sie aber, so wie wir sie vorfinden und ihre Porosität heute messen, bestimmt zu einem Teil verstopft! Das aufgenommene Wasser, rund 300 g, entsprechen aber dem noch freien Volumen, welches so mit rund

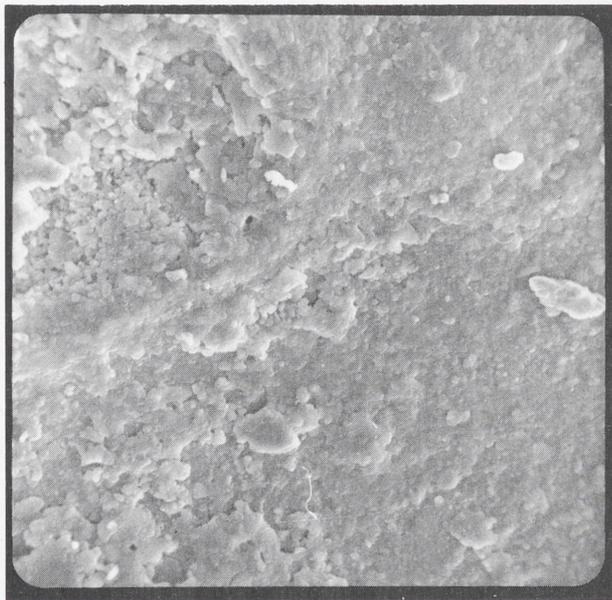
300 cm^3 zu veranschlagen ist. In ihm sind bei 1000 Abformungen 300 g Salze der angenommenen Dichte von ca. $2,0 \text{ g}/\text{cm}^3$ unterzubringen. Das bedeutet, daß nach 1000 Abformungen der freie Porenraum der Formschüssel zu 50% zugesetzt ist. Weitere 1000 Ausformungen würden 100% zusetzen – wenn es soweit käme. Denn bei 50 % verstopften Poren wird die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme so gering, daß damit eine Grenze erreicht sein dürfte. Es ist also, wie weiter vorne geschehen, sinnvoll anzunehmen, daß die Schüsseln gemeinsam in Stapeln getrocknet wurden, um ein vorzeitiges Verstopfen der Poren zu vermeiden.

Aber noch ein zweiter Effekt ist zu berücksichtigen: Das Wasser aus dem Formling bringt peptisierten Ton, resp. Kieselsäure mit sich. Auch sie setzt die Poren weiter zu, sobald der Model austrocknet.

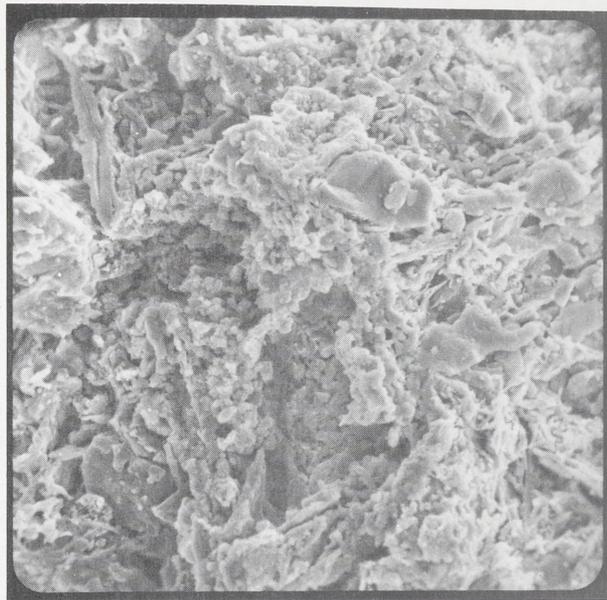
Daraus ergeben sich zwei Folgerungen:

- 1) Die obere Grenze der möglichen Ausformungen aus einer Formschüssel wird bei etwa 1000 Exemplaren gelegen haben.
- 2) Wenn wir die heutige Porosität einer (antik benutzten) Formschüsselscherbe messen, finden wir mit Sicherheit einen Wert, der unter dem der ehemaligen Porosität liegt. Eventuell ist der vergleichsweise hohe SiO_2 -Gehalt der untersuchten Formschüssel durch ehemals peptisierte Kieselsäure zustande gekommen. Herrn Oberkonservator Dr. O. Roller, Speyer, sei für die Erlaubnis zum Vermessen der Rheinaberner Bildformschüsseln im Museum zu Speyer, Herrn Dr. H. G. Rau für die Überlassung von Proben aus der Grabung Rheinabern gedankt.

Frau M. Thomma danke ich für die stets zuverlässige analytische Arbeit, Frau R. Klett für ihre Mithilfe am REM.



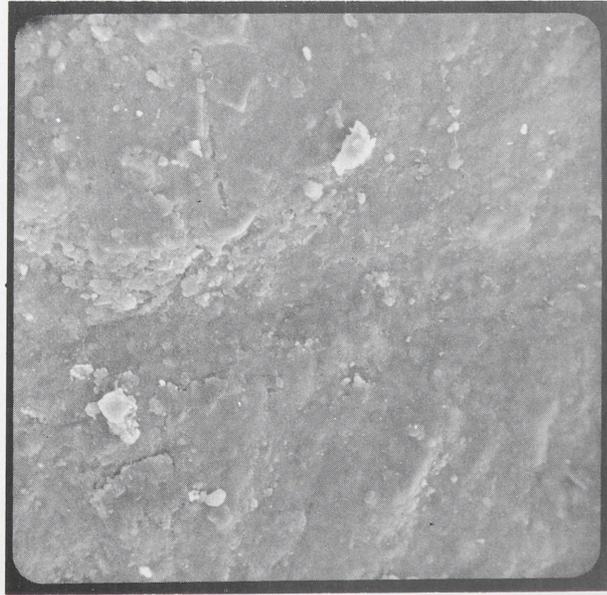
Nr. 1



Nr. 2

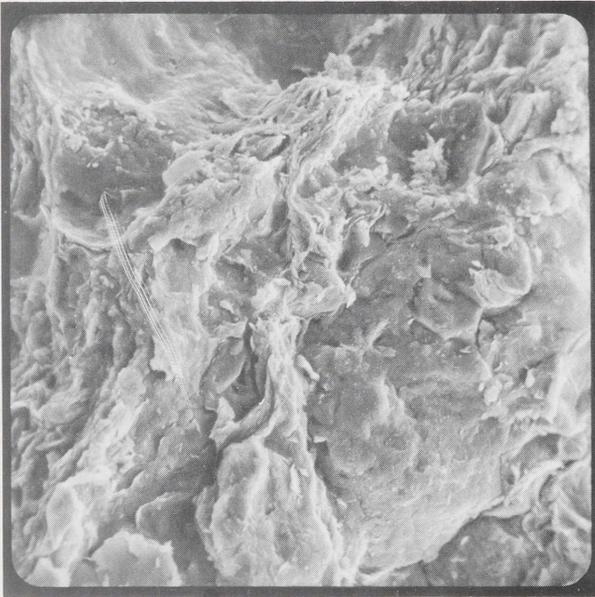


Nr. 3



Nr. 4

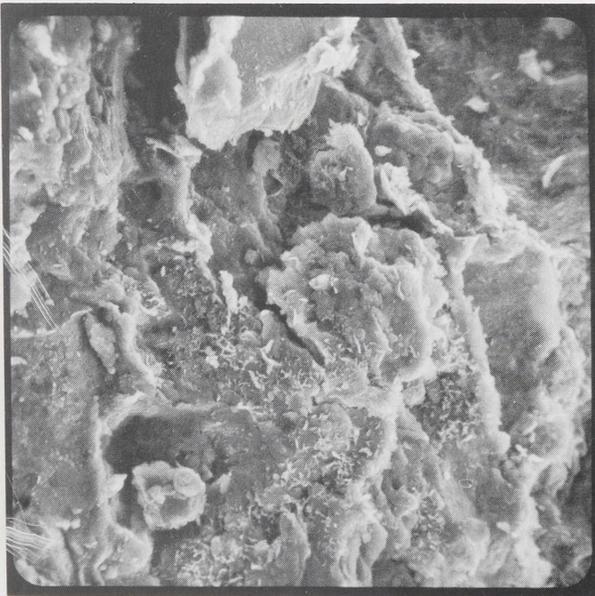
Fig. 7: 1-4. Cf. Fig. 4: Nrr. 1-4.



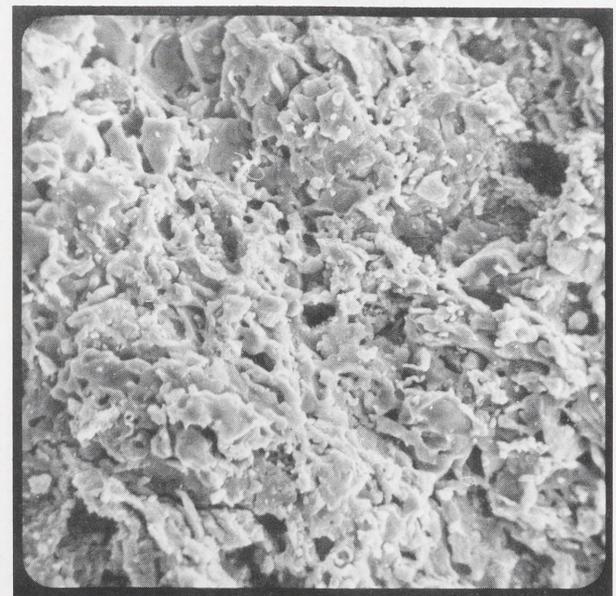
Nr. 5



Nr. 6

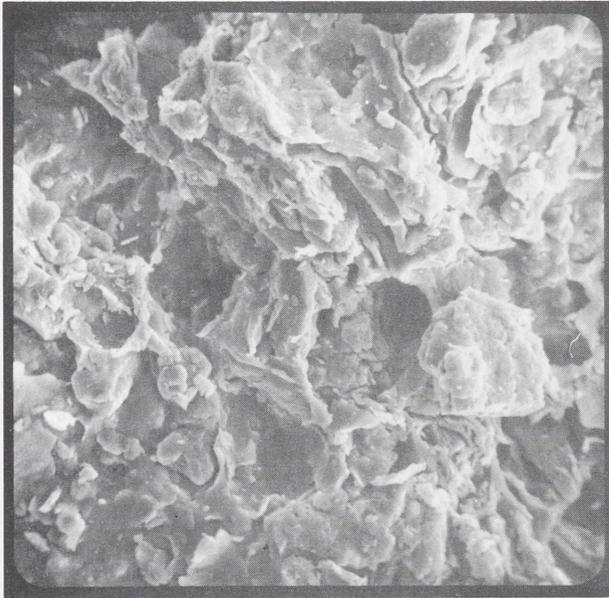


Nr. 7

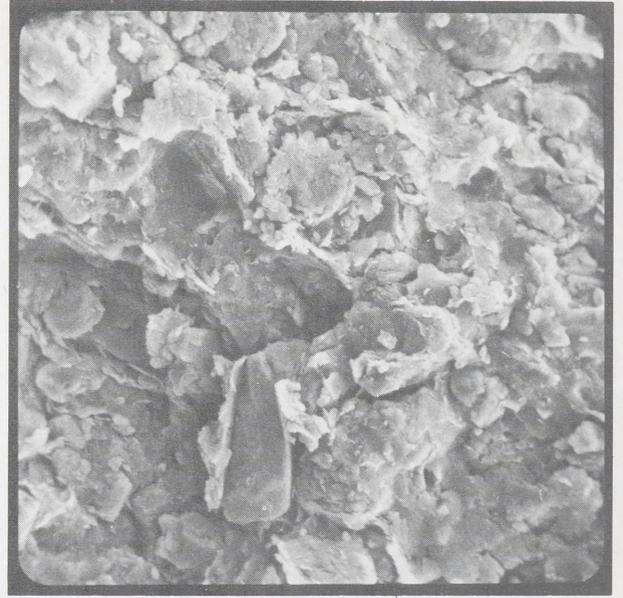


Nr. 8

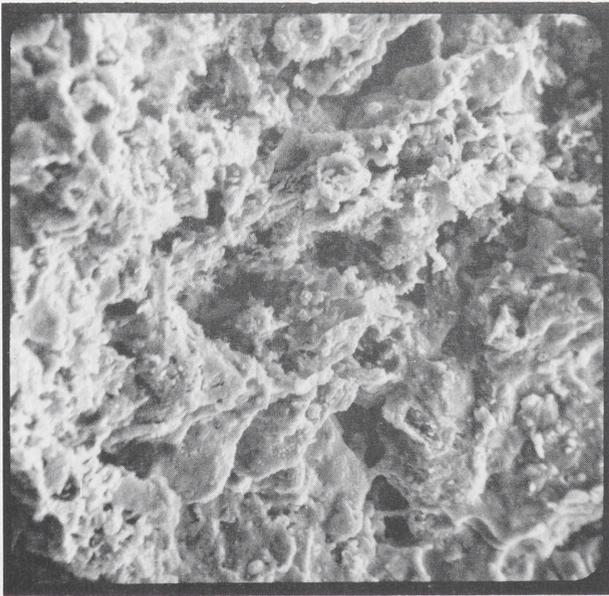
Fig. 8: 5-8. Cf. Fig. 4: Nrr. 5-8.



Nr. 9



Nr. 10

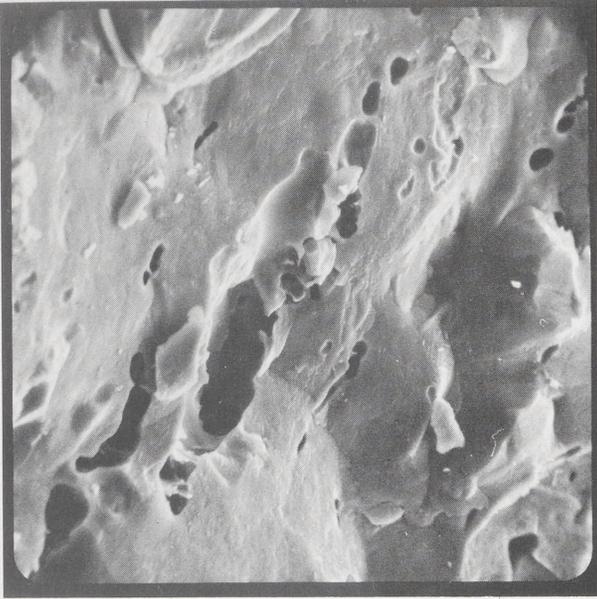


Nr. 11

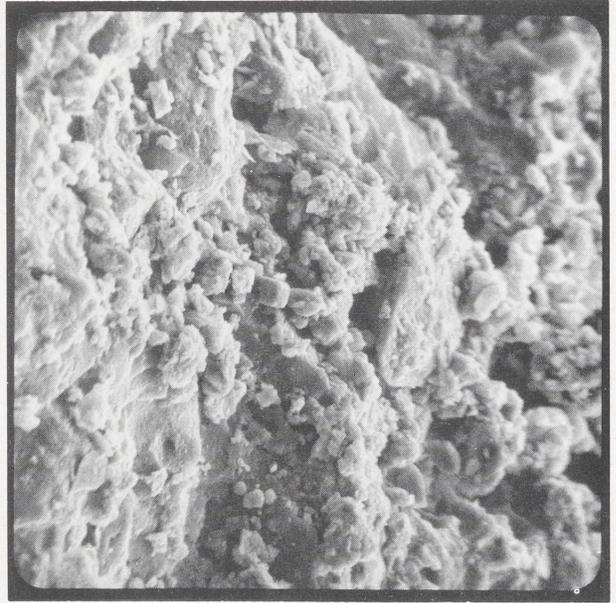


Nr. 12

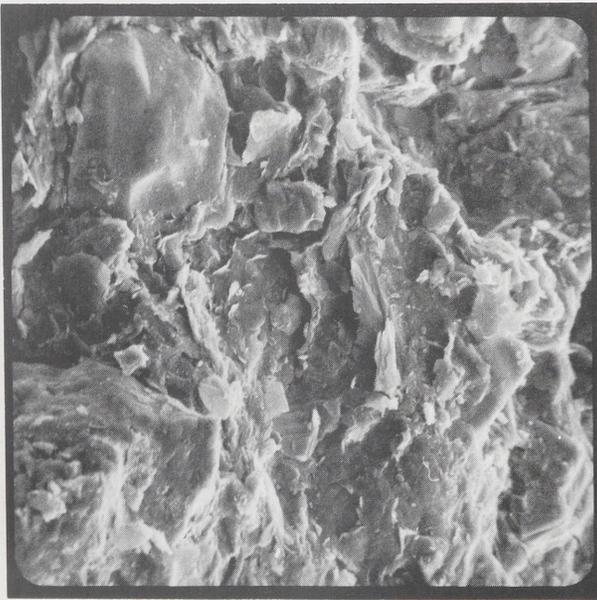
Fig. 9: 9-12. Cf. Fig. 4: Nrr. 9-12.



Nr. 13



Nr. 14



Nr. 15



Nr. 16

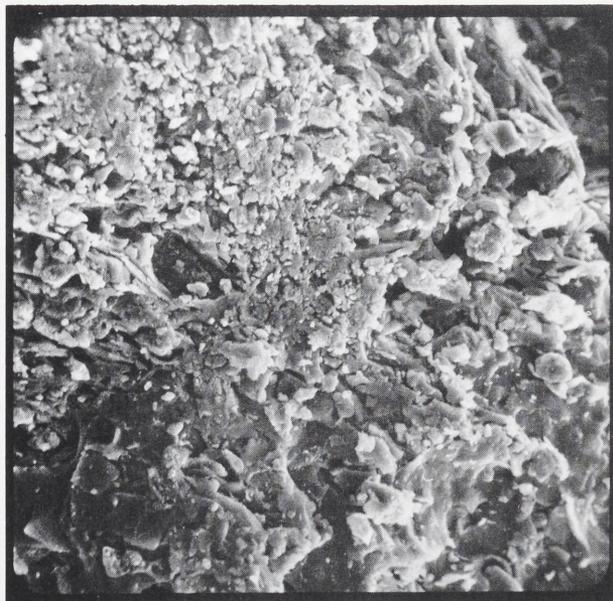
Fig. 10: 13–16. Cf. Fig. 4: Nrr. 13–16.



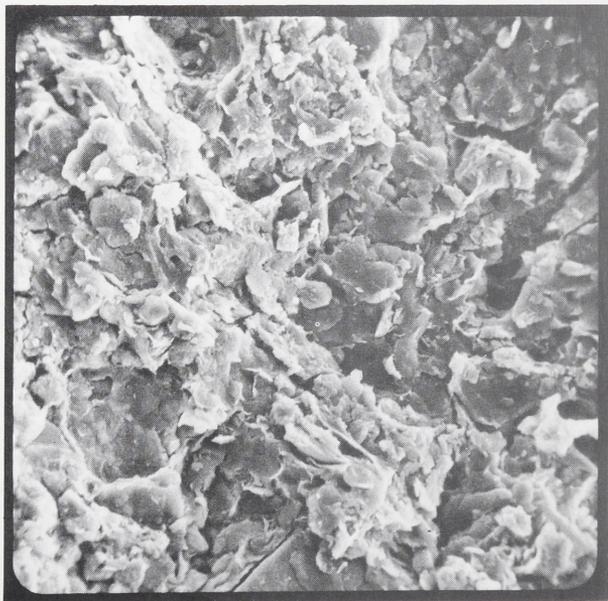
Nr. 17



Nr. 18



Nr. 19



Nr. 20

Fig. 11: 17-20. Cf. Fig. 4: Nrr. 17-20.

Literaturverzeichnis

- v. Bülow 1977 –
G. v. Bülow: Technologische Verfahren und Organisation der römischen Keramikproduktion. (Das Altertum, Heft 1, 23, 1977, 20–29).
- Fischer 1969 –
Ch. Fischer: Die Terra-Sigillata-Manufaktur von Sinzig am Rhein (Düsseldorf 1969).
- Heimann 1976 –
R. Heimann: Moderne Poren- und Gefügeuntersuchungen an Keramik. (Informationen aus den Nachbarwissenschaften 7, 1976, Petrogr. 2).
- Juranek 1976 –
H. Juranek: Rekonstruktion einzelner Schritte des Herstellungsverfahrens von Terra Sigillata durch Nachbildung.
(Informationen aus den Nachbarwissenschaften 7, 1976, Keramiktechnol. 3).
- Rottländer 1967 –
R. Rottländer: Standardization of Roman provincial pottery – II: Function of the decorative collar on form Drag. 38. (Archaeometry 10, 1967, 35–45).
- Rottländer 1969 –
R. Rottländer: Standardization of Roman provincial pottery – III: The average total shrinking rate and the bills of La Graufesenque. (Archaeometry 11, 1969, 159–164).
- Rottländer 1976 –
R. Rottländer: Patinierung von Silices. (Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil II. Stuttgart 1976, 386–389).
- Sanders 1973 –
H. P. Sanders: Pore size distribution determinations in Neolithic, Iron Age, Roman and other pottery. (Archaeometry 15, 1973, 159–161).