

## Statistische Untersuchung zur Aufklärung der Binnenstruktur römischer Ziegelproduktion von Frankfurt-Nied

<sup>1</sup>J. DOLATA, <sup>2</sup>H.-G. BARTEL, <sup>3</sup>H.-J. MUCHA

<sup>1</sup>Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz, Abt. Archäologische Denkmalpflege, Amt Mainz,  
Große Langgasse 29, D-55116 Mainz

<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Chemie, Brook-Taylor-Straße 2, D-12489 Berlin

<sup>3</sup>Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Mohrenstraße 39, D-10117 Berlin

**Untersuchungsgegenstand** sind römische Baukeramikfunde, die aufgrund ihrer mittels WD-RFA bestimmten Materialzusammensetzung als Produkte der Heeresziegelei von Frankfurt-Nied erkannt wurden. Es handelt sich um eine Teilmenge ( $n = 137$ ) in gleicher Weise geochemisch untersuchter Ziegel (DOLATA 2000) aus dem nördlichen Teil der römischen Provinz Obergermanien ( $n = 613$ ).

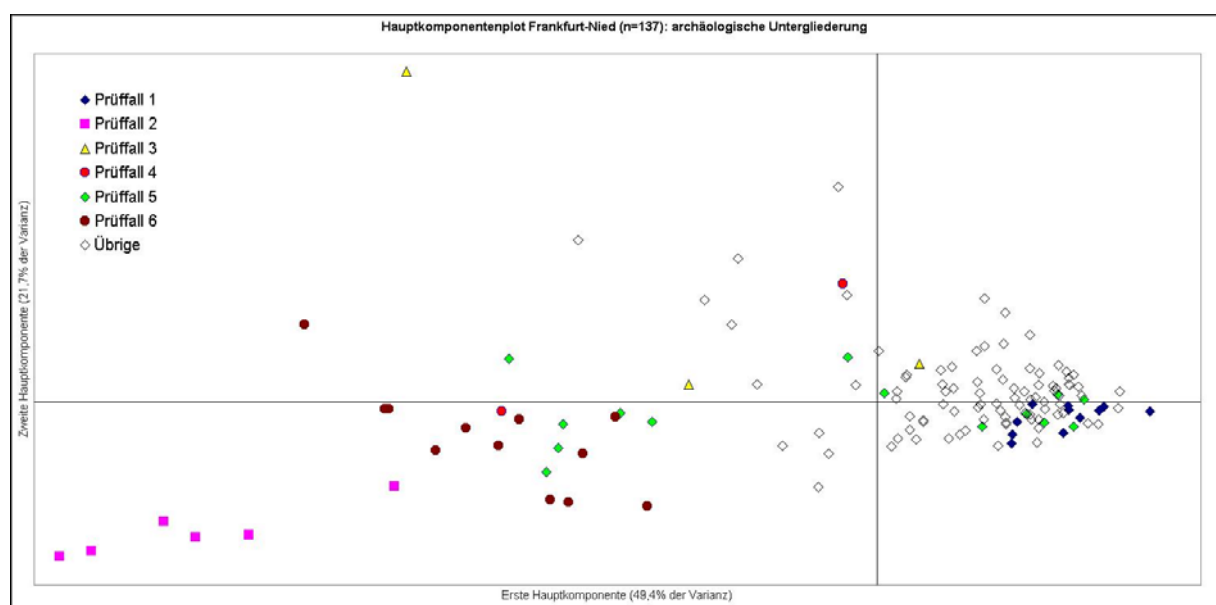
**Forschungsziel:** Bei der archäologischen Erforschung von Bauwerken, die mit Baumaterialien errichtet wurden, die Herstellermarken römischer Truppenkörper aufweisen, kommt den Ziegelstempeln aus Frankfurt-Nied besondere Bedeutung zu. Weit über 500 Stempeltypen und noch mehr Varianten von Ziegelstempeln der 22. Legion aus dem 2. Jh. n. Chr. sind bekannt (DOLATA 2001). Die Mehrzahl ist der Produktion von Frankfurt-Nied zuzuweisen. Es ist beabsichtigt, detaillierte Kenntnis über gleichartiges und zeitgleiches Fundmaterial zu gewinnen; materialanalytische Untersuchungen der Ziegeleiprodukte führen dabei zur Identifizierung von Produktionszusammenhängen. Mit den Methoden der Archäologie wird dann der primäre Beschaffungskontext zu rekonstruieren sein.

Die hochdimensionalen Analyseergebnisse werden in einem Plot der 1. (= 49,4% der Varianz) und 2. Hauptkomponente (= 21,7% der Varianz) visualisiert. Es finden also 71,1% der Varianz der Daten Berücksichtigung. Zur Aufklärung der mathematisch-statistisch festgestellten *Binnenstruktur* dieser Daten (Bartel *et al.* 2002; Mucha *et al.* 2003)) wurden archäologische Prüffälle markiert. Auf diese Weise kann die historische Relevanz ermittelt werden.

Statistische Maßzahlen für Baukeramik aus Frankfurt-Nied (n=137)										
Oxide (%)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	
Mittelwert	72,43	1,7	16,94	4,77	0,04	0,92	0,66	0,24	2,18	
Varianz	7,8	0,1	3,8	1,73	0	0,04	0,14	0,01	0,14	
Minimum	64,26	0,89	11,34	2,72	0,01	0,5	0,18	0,11	1,14	
Maximum	81,1	2,52	25,1	9,97	0,14	1,68	3,46	0,69	3,63	
Element (ppm)	V	Cr	Ni	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba
Mittelwert	94,72	164,91	51,06	51,91	117,64	134,44	34,22	291,37	39,26	433,69
Varianz	268,82	2065,81	423,07	471,48	443,26	559,54	13,95	960,53	78,9	4292,66
Minimum	61	90	24	15	69	67	27	217	16	256
Maximum	147	323	123	124	175	263	49	363	65	798

Prüffall 1 umfasst elf Materialanalysen von Ziegeln mit Stempeln der *legio XXII Primigenia*, und zwar vier und sieben jeweils in einem Ziegelplattengrab aus der Mainzer Gräberstraße nach Weisenau

vergesellschaftete. Diese eng datierten Ziegel mit Stempeln der sogenannten Namen- und Namenbegleitstempelgruppe entstammen mit größter Wahrscheinlichkeit dem gleichen Produktionslos und sind auch in geochemischer Hinsicht sehr gleichartig. Prüffall 2 betrifft sechs Ziegelstempel der *cohors I Asturum*. Obgleich diese seltenen Stempel in gänzlich unterschiedlichen Zusammenhängen am Ziegeleiort Frankfurt-Nied und in Frankfurt-Heddernheim gefunden wurden, stellen sie eine homogene und gut trennbare Teilmenge dar. Die Ziegelproduktion dieses Auxiliarverbandes in Frankfurt-Nied dürfte zeitlich eng begrenzt sein. Drei Ziegelstempel der *legio I Adiutrix* (Prüffall 3) sind nach konventioneller Datierung zwischen 83/85 und 85/86 in Frankfurt-Nied hergestellt worden. Für zwei Stempel der *legio VIII Augusta* (Prüffall 4) gibt es bislang keine Möglichkeit einer zeitlichen Fixierung. Aufgrund der sehr kleinen Anzahl zur Verfügung stehender Proben und weil die geochemischen Profile weder ausgesprochen homogen sind noch sich mit anderen untersuchten Proben gruppieren, verbietet sich derzeit eine historische Bewertung des mathematischen Befundes. Überaus typenreich ist das Spektrum von Ziegelstempeln der *legio XIII Gemina*, das aus Gründen der Truppendislokation zwischen 85/86 und 96/97 in Frankfurt-Nied Verwendung fand. Der Prüffall 5 umfasst 14 Ziegelstempel der 14. Legion; eine Teilmenge davon fällt in der mathematischen Klassifikation mit den Ziegelstempeln der *legio XXI Rapax*, (Prüffall 6 mit zwölf Proben) zusammen. Als Hypothese wird angenommen, dass sich innerhalb des zeitlich bereits gut eingrenzbaeren Produktionsaufkommens der 14. Legion in Frankfurt-Nied auf geochemischem Weg Untergruppen isolieren lassen. In keramtechnischer Hinsicht werden offenbar unterschiedliche Rohstoffvarietäten, Aufbereitungs- und Verarbeitungsrezepturen, Brenntechniken und/oder chronologisch bzw. organisatorisch bedingte Werktraditionen erkennbar. Für die historische Interpretation solchermaßen eingrenzbarer Baumaterialien, die sich mit Bauten des Heeres und der Provinzialverwaltung an unterschiedlichen Fundorten verbinden, sind derart detaillierte Erkenntnisse durchaus von Bedeutung. In der Kombination mit anderen archäologischen Indizien lassen sich Bauprogramme und Ausbauprioritäten für die Reichsgrenzsicherung herausarbeiten.



**Forschungsperspektive:** Die Möglichkeit material- und warengruppenübergreifender Analysenvergleiche wird bei der bislang in Reihenuntersuchungen angewandten RFA von der Homogenität des Untersuchungsgegenstandes und der Verfügbarkeit von Probenmaterial für die nicht zerstörungsfreien Untersuchungen eingeschränkt. Zwar war selbst eine laborübergreifende Betrachtung von grobkeramischen Objekten (z.B. Amphoren und Ziegel gemeinsam mit U. Ehmig, Frankfurt/M.) erfolgreich, die Konfrontation der Analysen von Ziegeln aus Frankfurt-Nied mit Analysen von sog. Wetterauer Ware (rot bemalte Feinkeramik), Gefäßen und Lampen oder auch sog. Firmalampen, die in Frankfurt-Nied produziert wurden, oder anderen modelgeformten Waren, ist derzeit von vorn herein aussichtslos. Aufgrund der Klein- und Feinheit der Objekte werden bislang von den Lampen nur sehr kleine Proben ausgebohrt, um Schmelztabletten mit höherer Verdünnung herzustellen. Die Zahl und Auswahl der konventionell mittels RFA gemessenen Elementgehalte ist so unterschiedlich, dass eine gemeinsame Betrachtung nicht lohnt. Aktuell wird eine Untersuchungsreihe zur Messung mittels ICP-MS vorbereitet, bei der auch ein erweitertes Spurenelementspektrum betrachtet wird. Zudem erlaubt die automatisierte Mehrfachmessung hier die Überwindung von Inhomogenitäten, auch können kleine Objekte annähernd zerstörungsfrei untersucht werden. Die Überführung der bisher gewonnenen Referenzen für die Baukeramikproduktion bildet den Grundstock für künftige Forschung auch jenseits der Ziegel.

<b>Mittelwerte für Baukeramik aus Frankfurt-Nied (n=48)</b>										
Oxide (%)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	
Prüffall 1 (n=11)	73,35	1,66	16,65	4,56	0,02	0,83	0,49	0,23	2,14	
Prüffall 2 (n=6)	66,18	2,4	19,11	8,98	0,11	0,72	0,55	0,24	1,52	
Prüffall 3 (n=3)	74,51	1,21	14,31	4,57	0,06	0,99	1,51	0,55	2,17	
Prüffall 4 (n=2)	71,9	1,42	15,93	5,7	0,07	1,16	0,92	0,37	2,43	
Prüffall 5 (n=14)	72,7	1,78	16,45	4,84	0,05	0,92	0,59	0,17	2,33	
Prüffall 6 (n=12)	73,11	1,82	15,21	6,07	0,07	0,78	0,64	0,31	1,8	
Element (ppm)	V	Cr	Ni	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba
Prüffall 1 (n=11)	102,27	133,45	42,45	22,18	120,82	124,73	31,64	262,64	42,18	400
Prüffall 2 (n=6)	99,17	305,67	114,5	71,67	74,83	117,33	31,5	335,83	58	452,5
Prüffall 3 (n=3)	79,67	143,33	46	69,33	108,33	109,33	35,67	350,33	27,33	425,67
Prüffall 4 (n=2)	87,5	151,5	57,5	69	123,5	133	33,5	264,5	41,5	499
Prüffall 5 (n=14)	87,71	171,93	54,93	55,64	117,29	150,21	36,57	307,64	38,86	479,64
Prüffall 6 (n=12)	96,5	228,58	78,33	83,58	85,5	134,83	32,42	309,42	43,67	468,83
<b>Varianzen für Baukeramik aus Frankfurt-Nied (n=48)</b>										
Oxide (%)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	
Prüffall 1 (n=11)	1,05	0,02	0,57	0,12	0	0,01	0,01	0	0,03	
Prüffall 2 (n=6)	5,04	0,04	1,24	1,23	0	0,01	0,03	0	0,01	
Prüffall 3 (n=3)	19,3	0,01	2,42	0,72	0,001	0,08	2,86	0,02	0,11	
Prüffall 4 (n=2)	14,24	0,01	10,73	1,05	0,001	0,27	0,11	0	0,6	
Prüffall 5 (n=14)	1,74	0,07	3,06	1,51	0,001	0,02	0,05	0	0,05	
Prüffall 6 (n=12)	8,27	0,08	3,45	0,83	0,001	0,05	0,07	0,01	0,03	
Element (ppm)	V	Cr	Ni	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba
Prüffall 1 (n=11)	98,02	126,87	14,87	26,96	82,96	208,62	8,05	276,85	7,76	111,2
Prüffall 2 (n=6)	175,77	663,07	46,7	21,47	14,97	374,67	0,7	12,57	23,2	3761,1
Prüffall 3 (n=3)	160,33	345,33	79	160,33	340,33	1012,33	25,33	129,33	26,33	8142,33
Prüffall 4 (n=2)	144,5	2812,5	112,5	8	2380,5	1152	60,5	0,5	0,5	98
Prüffall 5 (n=14)	145,76	1044,99	344,84	279,79	208,22	133,1	11,8	271,63	66,29	14839,94
Prüffall 6 (n=12)	379,55	1009,54	126,61	154,45	125,73	248,88	3,36	217,54	53,52	763,61

## Literatur

- Bartel, H.-G., Mucha, H.-J., Dolata, J., 2002, Über eine Modifikation eines graphentheoretisch basierten partitionierenden Verfahrens der Clusteranalyse. *Match* **44**, im Druck.
- Bartel, H.-G., Mucha, H.-J., Dolata, J., 2003, Core-based Clustering Techniques. In: M. Schader und W. Gaul (eds.), *Between Data Science and Everyday Web Practice*, Springer, Heidelberg, im Druck.
- Dolata, J., 2000, *Römische Ziegelstempel aus Mainz und dem nördlichen Obergermanien – Archäologische und archäometrische Untersuchungen zu chronologischem und baugeschichtlichem Quellenmaterial*. Dissertation Frankfurt/M.
- Dolata J., 2001, Die spätantike Heeresziegelei von Worms. Ein Beitrag zur Geschichte der legio XXII Primigenia aufgrund ihrer Ziegelstempel. *Wormsgau* **20**, 43–77.

# Anhang

## Prüffälle in der Ansicht

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüffall 1 (Kerngruppe 1): legio XXII Primigenia



F122

LM Mainz ZS1339



F121

LM Mainz ZS1327



F120

LM Mainz ZS2010



F123

LM Mainz ZS1146

Ziegelplattengrab FM 96-019 (1965)  
Mainz-Innenstadt, Oberer Laubenheimer Weg 48

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüffall 1 (Kerngruppe 2): legio XXII Primigenia



F124

LM Mainz ZS118



F125

LM Mainz ZS2003



F126

LM Mainz ZS2005



F127

LM Mainz ZS2012



F128

LM Mainz ZS2013



F130

LM Mainz ZS1317



F129

LM Mainz ZS2014

Ziegelplattengrab FM 96-018 (1964)  
Mainz-Innenstadt, Oberer Laubenheimer Weg 44

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüfball 2: cohors I Asturum



H269

Arch.Mus.FFM 1987/69.186



H270

Arch.Mus.FFM 1987/69.185



H271

Arch.Mus.FFM a7227Hdd.



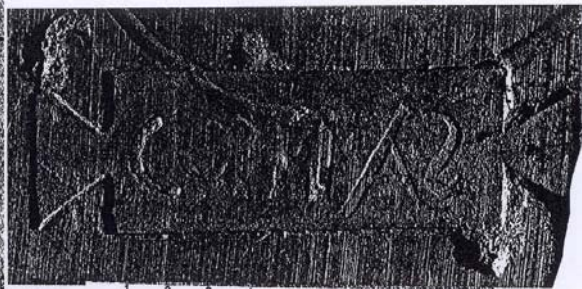
H272

Arch.Mus.FFM a7279Hdd.



H273

Arch.Mus.FFM a23719



H274

Arch.Mus.FFM a7285Hdd.

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüffall 3: legio I Adiutrix



H249

Arch.Mus.FFM a10079



H250

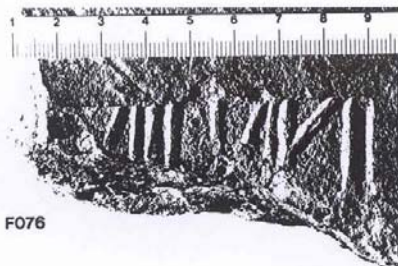
Arch.Mus.FFM a10060



H251

Arch.Mus.FFM a10083

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüffall 4: legio VIII Augusta



F076

LM Mainz ZS709

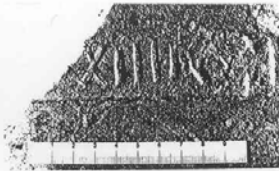


F467 + K3/22(RGZM)

Arch.Mus.FFM 1987/69.187



Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
 Prüffall 5: legio XIV Gemina



Arch.Dmpfl.Mainz FM95-171ZS1  
 G016



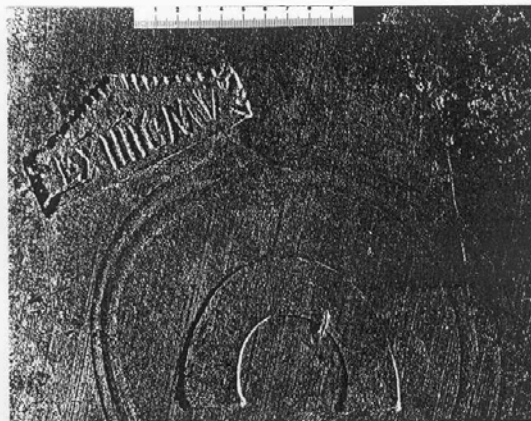
Arch.Dmpfl.Mainz FM87-141ZS1  
 G022



LM Mainz ZS1843  
 G170



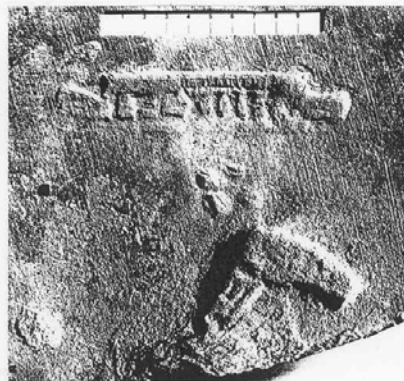
LM Mainz ZS1186  
 G172



LM Mainz ZS1591/1592  
 G173



LM Mainz ZS1247  
 G171



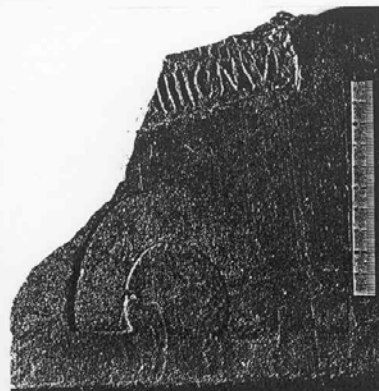
LM Mainz ZS1736/1737  
 G175



LM Mainz ZS1273/1274  
 G174



LM Mainz ZS810  
 G178



LM Mainz ZS1747/1748  
 G176

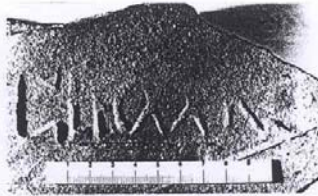


LM Mainz ZS1744/1745  
 G177

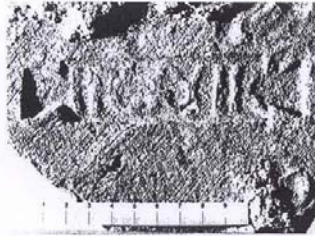


Arch.Mus.FFM a975Hdd.  
 H278

Untersuchung der Binnenstruktur der Ziegeleiproduktion von Frankfurt-Nied  
Prüfball 6: legio XXI Rapax



Arch.Dmpfl.Mainz FM90-109ZS20  
G006



Privatbesitz Mainz FM96-110ZS18  
G035



Privatbesitz Mainz FM96-110ZS21  
G038



LM Mainz ZS260  
G160



LM Mainz ZS1710  
G161



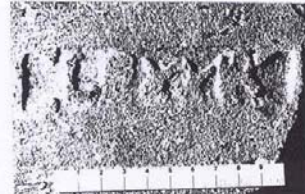
LM Mainz ZS1070  
G162



LM Mainz ZS271  
G163



LM Mainz ZS120  
G165



LM Mainz ZS1520  
G166



LM Mainz ZS713  
G167



Arch.Mus.FFM 1987/69.181  
H253



Arch.Mus.FFM 1987/69.168  
H254