

Fridolin Reutti & Rüdiger Schulz

BRENNÖFEN FÜR TERRA SIGILLATA IN RHEINZABERN¹**Befunde und Rekonstruktion****Die Rheinzaberner Sigillata-Brennöfen**

Bei den planmäßigen Ausgrabungen seit 1975 und parallelen Rettungsgrabungen wurden im südlichen Gewerbegebiet von *Tabernae* insgesamt 10 Brennöfen erfasst, die wir auf Grund ihrer Größe, ihrer konstruktiven Details und des Fundmaterials im Umfeld als Brennöfen für Terra Sigillata ansprechen möchten (Abb. 1,3–12). Hinzu kommen: ein Teil eines Ofens, dicht oberhalb unseres Kartenausschnitts bei Ludowicis Ausgrabungen im Jahre 1901 entdeckt (Abb. 1,1), und ein 1978 im Nordteil des *vicus* freigelegter Sigillata-Ofen (Abb. 1,2). Ein weiterer Ofen wurde 1976 nur gerade angeschnitten, war vermutlich aber auch ein Sigillata-Brennofen² (Abb. 1,13).

Der Erhaltungszustand der Öfen war meist relativ schlecht, eine Folge von Baumaterialgewinnung und Schatzsuche durch die Dorfbewohner während der letzten Jahrhunderte.

Ein direkter Nachweis für den Brand von Sigillata in diesen Öfen ließ sich in keinem Fall erbringen³. Die Öfen heben sich aber durch eine Anzahl konstruktiver Details von den auch in Rheinzabern reichlich vertretenen herkömmlichen Keramik-Brennöfen ab (Abb. 2):

- Allen Öfen gemeinsam ist die **besonders große, runde Brennkammer**. Der Innendurchmesser, an der Ofenwandung gemessen, reicht von 1,90 m bis zu 3,10 m, mit Schwerpunkt bei ca. 2,70–2,80 m.
- Auffällig ist auch der – soweit erhalten – mindestens **ebensolange Schürkanal** mit anschließender großer, meist rechteckiger Bedienungsgrube.
- Der Schürkanal setzt sich durch das ganze Ofeninnere fort als **Hauptheizkanal**. Vom Hauptkanal zweigen **im oberen Teil** rechtwinklig mehrere **Querzüge** ab, die zur Ofenwandung hin ansteigen. Dazwischen tragen **Brücken** aus Lehmziegeln die Brennplatte (Lochtenne).
- Die Querzüge münden gegen die Ofenwandung dicht unterhalb der Oberkante der Brennplatte in einen **Ringkanal**, der noch bei drei Öfen (1, 2, 6) gesichert ist. Da die Brücken gegen die Ofenwand nicht ganz bis zur Oberkante der Brennplatte hinaufreichen, konnte die Heißluft zwischen den Querzügen zirkulieren.

Drei Öfen sollen etwas genauer betrachtet werden.

Ofen Nr. 6⁴ (Abb. 3) wurde 1978 ausgegraben und ist heute noch in einem Schutzbau zu besichtigen.⁵

¹ Diesen Beitrag widmen wir unseren KollegInnen Vivien Swan († 1.1.2009) und Berndmark Heukemes († 16.1.2009), mit denen uns auch das gemeinsame Interesse an der Erforschung der römischen Brennöfen verband. – Einen ausdrücklichen Dank möchten wir A. Mees, RGZM Mainz, sagen für wichtige Hinweise und Beschaffung entlegener Literatur.

² Lage der Öfen nach Nummern: **1:** Außerdorfstraße, gegenüber Rappengasse (LUDOWICI 1905, 151 Fig. 7 = Fundst. 2). – **2:** Im Nordteil, Eichenweg (BERNHARD 1981, 127 u. Abb. 2 = Fläche A). – **3–13:** Im Neubaugebiet 24 Morgen. Grabungen 1975–1995 durch das Landesamt f. Denkmalpf. Speyer (jetzt: Generaldirektion Kulturelles Erbe [GDKE] Rheinland-Pfalz, Direktion Landesarchäologie, Speyer), teilweise als DFG-Projekt. Lage von Nr. 5–12 nach rekonstruierter Parzelleneinteilung des röm. Gewerbegebiets (R. SCHULZ in: H. Bernhard [Hrsg.], Archäologie in der Pfalz. Jahresbericht 2001 [Rahden/Westf. 2003] 334 Abb. 285): **3:** Safrangarten (RAU 1977, 62 u. Abb. 1 = Ofen III). – **4:** Südlich d. Grundschule (Grabung LfD. Speyer 1982). – **5:** SO 3 (REUTTI 1983, 51 f.). – **6:** SO 5 Faustinastr. Im Schutzbau am Kindergarten (REUTTI 1983, 46–51). – **7:** SW 10. – **8:** SW 12. – **9:** SW 13. – **10:** SW 14. – **11:** SW 17. – **12:** S 6. – **13:** Janusstr. (RAU 1977, 60 f. u. Abb. 1 = Ofen I).

³ Er ist eigentlich nur gegeben, wenn der Ofen beim letzten Brand kollabierte und danach aufgegeben wurde und sich dadurch im Ofen während der Ausgrabung noch Sigillata als Brenngut dieses letzten Brandes in situ findet. Ein solcher Fall ist uns, auch außerhalb Rheinzaberns, nicht bekannt. Größere Mengen von Sigillata, auch von Fehlbränden, in unmittelbarer Nähe des Ofens können, je nach den Befunden im Umfeld, ein *Hinweis* auf das Brenngut des Ofens sein. Ebenso gut kann aber das Abfallmaterial dieses Ofens an anderer Stelle abgelagert worden sein. Die Verfüllung des Ofens und seiner Bedienungsgrube nach Auffassung ist ein normaler Vorgang. Das Verfüllmaterial kann Fehlbrände dieses Ofens enthalten, die auf Abfallhaufen in der Umgebung lagen, aber eben auch Abfall aus anderen Öfen. – Dass in diesen „Spezialöfen“ auch anderes Brenngut mit gebrannt wurde, ist natürlich theoretisch möglich. Es müsste aber die für TS notwendige hohe Brenntemperatur aushalten. Solche Beifüllung brächte aber immer eine zusätzliche Gefährdung des Brandes mit sich. Ein gewichtiger Hinweis auf Sigillata als Brenngut ist dagegen die Beschaffenheit der Schürkanäle bzw. Hauptkanäle im Ofeninneren: Die Hitze in diesen Kanälen war so groß, dass die Wandungen an der Innenseite geschmolzen sind und eine glasartige Oberfläche aufweisen. Eine so hohe Temperatur war bei „normalem“ Brenngut nicht erforderlich. Zu prüfen bleibt, ob diese Verglasungen Ergebnis des normalen Befeuerns eines Sigillataofens sind, bei dem die Konstruktion des Brennraums eine im Untergeschoß (Haupt- und Querkanälen) noch einmal höhere Temperatur der Heizgase erforderte (gut sichtbar etwa im Rheinzaberner TS-Ofen Nr. 3: RAU 1977 Taf. 22, 1. Hier mehrere dicke Verglasungsschichten in zeitlichem Abstand.) – oder ob die Verglasung Produkt eines einmaligen Schadensereignisses ist, das anschließend zur Aufgabe des Ofens führte. Vgl. zu den Temperaturen im Hauptkanal und in der Brennkammer auch neuerdings die Untersuchungen von M. Picon (PICON/VERNHET 2008, 559–561). Er geht von normalen Temperaturen in der Brennkammer eines Sigillata-Ofens von ca. 1100–1150°, im Schadensfall („débâcle“) von 1200–1300° aus. Vgl. unten Anm. 13 u. 31.

⁴ REUTTI 1983, 46–51.

⁵ Faustinastraße, am Kindergarten.



Abb. 1. Rheinzabern Süd. Sigillata-Brennöfen im inzwischen überbauten Gewann 24 Morgen und dem anschließenden Altdorf.

Der (bis incl. Ofenwand) 3,75 m lange und innen etwa 85 cm hohe Schürkanal ist vollständig erhalten, ebenso innerhalb der aus mit Stroh gemagerten großen Lehmziegeln bestehenden Ofenwandung der Heißluft-Hauptkanal und 6 Querzüge sowie der Ringkanal; größtenteils erhalten waren auch die Lehmziegel-Brücken, die die Brennplatte trugen. Von dieser fanden sich im hinteren Teil noch Reste, in denen sich zwei Löcher abzeichnen (**Abb. 4**).

Wie wir aus Befunden von Brennöfen anderer Manufakturen wissen, standen in und oberhalb dieser Löcher in der Brennplatte senkrechte Röhren. Bei gleichmäßiger Verteilung der Löcher in der Brennplatte kommen wir bei unserem Ofen auf 14 Löcher bzw. Röhren darüber (**Abb. 5**). Über diesem Ringkanal befanden sich ehemals senkrechte, dicht aneinander gegen die Ofenwandung gestellte Röhren.⁶

Über dem Ringkanal müssten mindestens etwa 52–54 Röhren gestanden haben. Dieser äußere Röhrenkranz war allerdings in eine Tonwandung eingebettet, die sich noch im Negativ an den Resten

der Brennplatte abzeichnete. So lässt sich ablesen, dass für die eigentliche Brennkammer ein Raum von immerhin noch ca. 2,30 m Durchmesser übrig blieb.

Auffällig ist eine Drainage-Rohrleitung, die im Haupt-Heißluftkanal an der hinteren Ofenwand begann und durch den Schürkanal bis in die Bedienungsgrube hinausführte. Sie wurde in gleicher Form an den Öfen Nr. 5 und 11 beobachtet. Diese Drainage bestand aus dachförmig gelegten Imbrices, die unter der Sohle des Schür- bzw. Hauptkanals lagen. Sie wurde jeweils erst in einer späteren Benutzungsphase der Öfen für notwendig gehalten. Dass es sich tatsächlich um eine Drainage handelte, legen parallele Befunde an anderen Sigillata-Öfen und auch an Ziegelöfen nahe,

⁶ REUTTI 1983, 49 Anm. 27. – Zur Bedeutung dieses Röhrenkranzes vgl. die folgenden Kapitel.

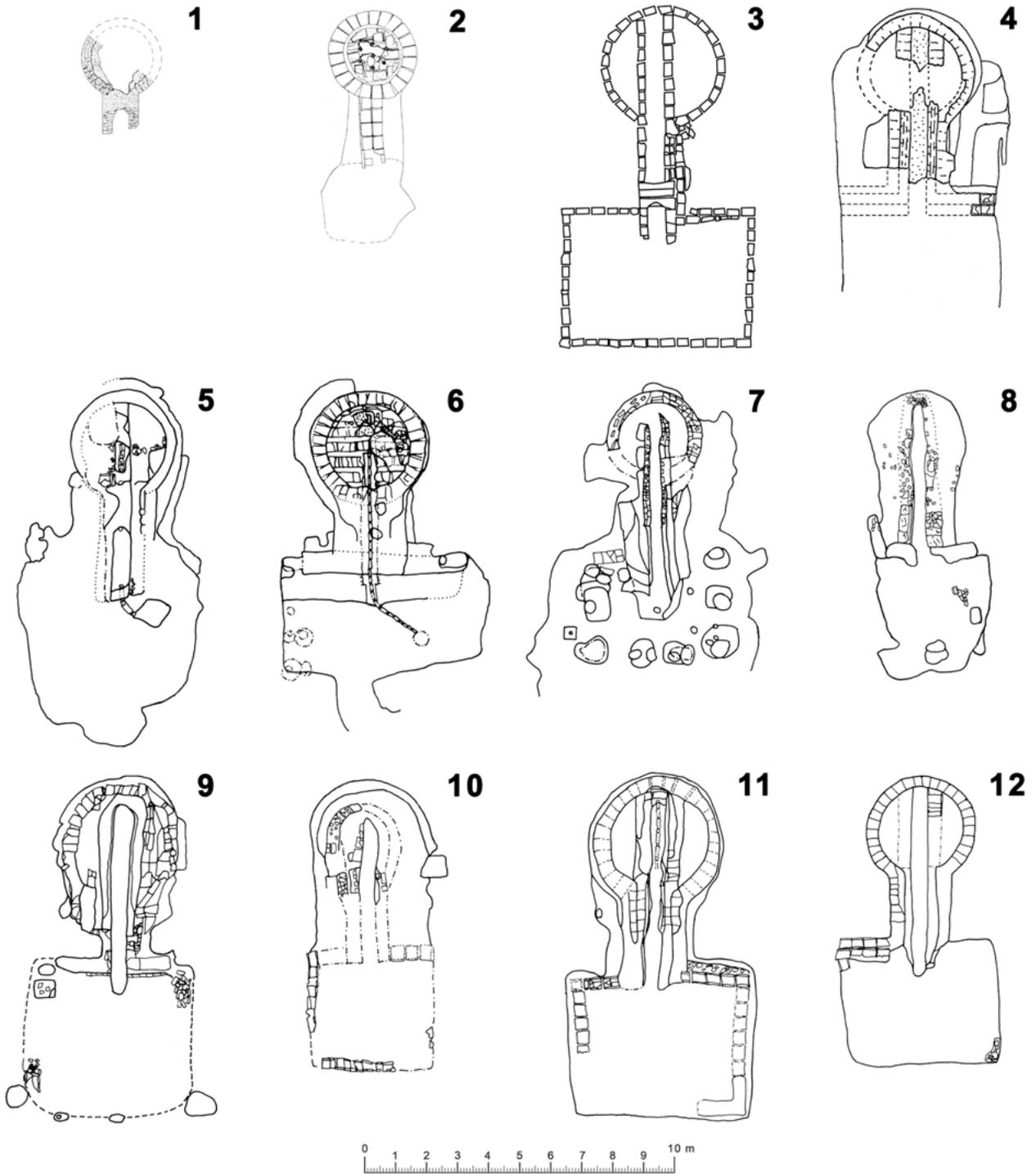


Abb. 2. Rheinzabern. Grundrisse der ausgegrabenen Sigillata-Brennöfen in einheitlichem Maßstab.
Die Nummern entsprechen Abb. 1.

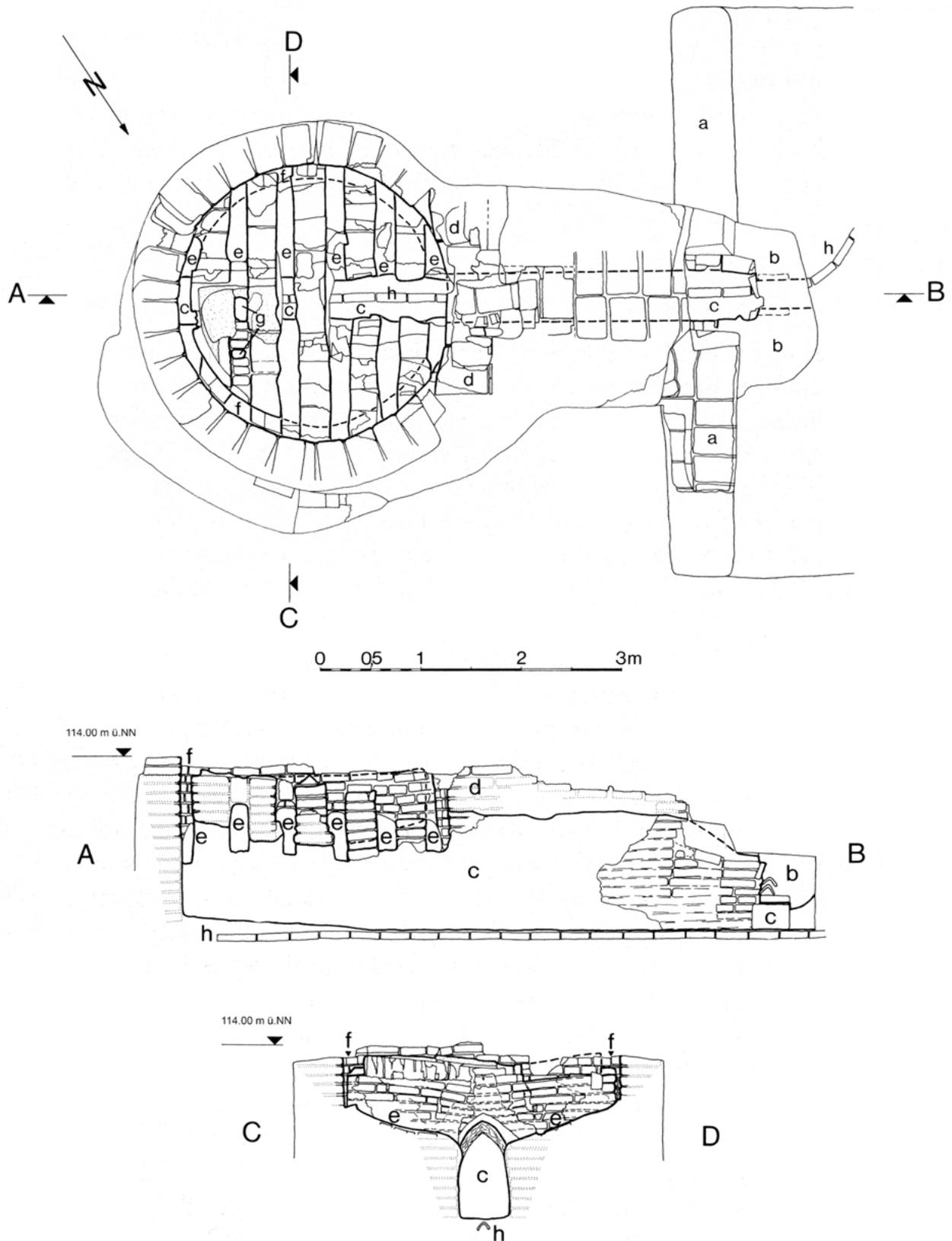


Abb. 3. Rheinzabern. Ofen Nr. 6. Grundriss, Längs- und Querschnitt. – **a** Tonwand („Ofenbrust“); **b** Schürloch; **c** Schürkanal/Ofen-Hauptkanal; **d** Quermauer des Schürkanals gegen den Ofen; **e** Querzüge; **f** Ringkanal; **g** Zuglöcher in der Brennplatte; **h** Drainage



Abb. 4. Rheinzabern. Ofen Nr. 6 (im Schutzbau).

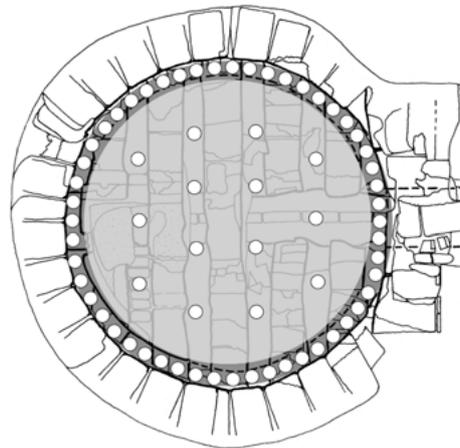


Abb. 5. Rheinzabern, Ofen Nr. 6. Rekonstruktion der Röhren.

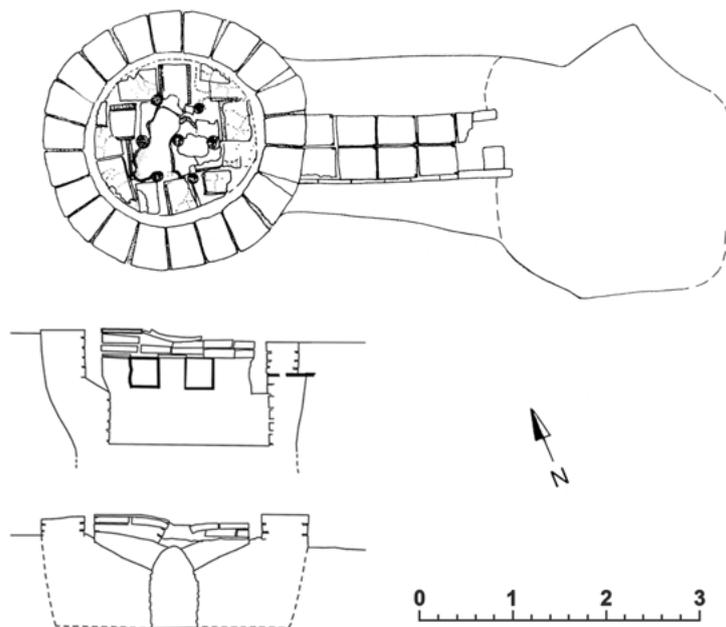


Abb. 6. Rheinzabern. Ofen Nr. 2. Grundriss, Längs- und Querschnitt.

	Dm. Brennraum bis zur Außen- wand (in m)	Dm. Brennplatte bis zum inneren Mantel (in m)	Röhren an der Außenwand	Löcher in der Brennplatte	Querkanäle (incl. End- kanälen für den Ringkanal darüber)
Rheinzabern Ofen 6	2,70	ca. 2,40	54 ?	14 ?	6
Rheinzabern Ofen 1	1,95 (?)	ca. 1,60	46	4	4
Rheinzabern Ofen 2	1,90	ca. 1,60	ca. 44	7	4
Heiligenberg Ofen 1	ca. 4,20	ca. 3,90	ca. 85 ??	?	8 (?)
Heiligenberg Ofen 2	ca. 3,00	2,70	58 ?	15	6
Eschweiler Hof (Kirkel)	2,73	2,25 ? 2,40 ?	54 ?	12	6
Trier Ofen 1	3,10	ca. 2,85	ca. 62	?	7
Trier Ofen 4	1,55	ca. 1,30	ca. 30	?	5
Luxeuil	2,25	1,80	ca. 44	14	?
Mareuil-lès-Meaux	1,85	1,45	50 ??	4	4 ?
Lezoux Ofen von 1914	ca. 2,25	1,80	ca. 42	24 (??)	8 (??)
Montans	2,20	1,80	48 (?)	?	4
La Graufesenque Ringkanal fraglich	??? (2,30–3,90 max.)	???	???	?	?
Aspiran Ringkanal fraglich	ca. 2,20	???	???	?	5 ?

Tabelle 1. Übersicht über die wichtigsten Daten zu den hier behandelten Sigillata-Brennöfen.



Abb. 7. Rheinzabern. Ofen Nr. 2. Grabungsfoto.

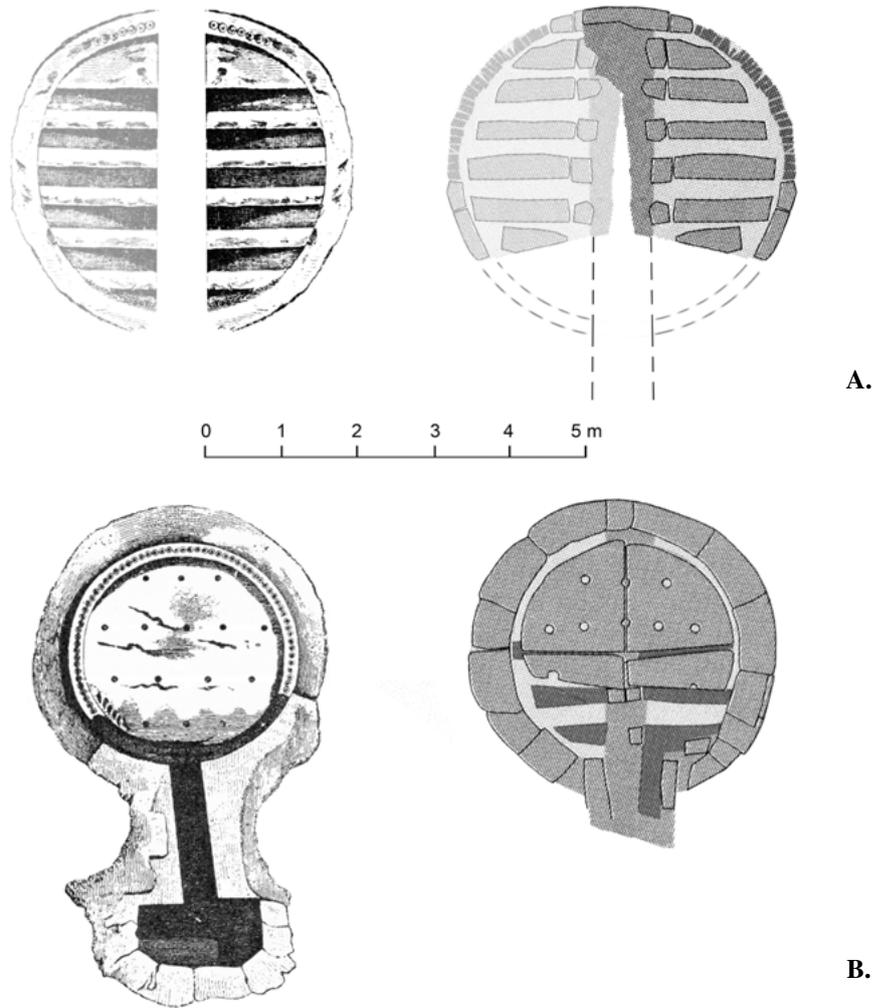


Abb. 8. Heiligenberg. **A.** Ofen 1: Links Plan von 1822, rechts Plan von 2009. In beiden Fällen die linke Hälfte ergänzt (gespiegelt). – **B.** Ofen 2. Links Plan von 1822, rechts Plan von 2009.



Abb. 9. Heiligenberg. Ofen 2. Zustand bei der Wiederfreilegung 1983.

wo die Rohrleitung in einem Fall auch ein deutliches Gefälle aufwies⁷.

Noch etwas besser erhalten – einschließlich des vollständigen Schürkanals – war der im Norden Rheinzaberns gelegene **Ofen Nr. 2**. Er war mit 1,90 m Innendurchmesser der kleinste. In der noch weitgehend intakten Brennplatte fanden sich auch nur sieben Löcher. Auch der Ringkanal war noch gut sichtbar.

Der wenig größere **Ofen Nr. 1** wurde leider nur teilweise erfasst. Die innen an der Ofenwandung noch sichtbaren Abdrücke von Röhren mit ca. 12 cm Durchmesser sprach schon der Ausgräber richtig als Reste des äußeren Röhrenkranzes über dem Ringkanal eines Sigillata-Brennofens an⁸.

Typen der Sigillata-Brennöfen im römischen Reich

Zum Brand von Sigillata nach Art der Arretina⁹ wurden wegen der notwendigen hohen Brenntemperatur anscheinend immer stehende Öfen mit indirekter Flamme benutzt. Aus dem Ursprungsland der ‚echten‘ Sigillata, Italien, sind bisher kaum Brennöfen bekannt. Die zu erwartenden Röhren im Inneren sind in keinem Fall in situ aufgefunden, bestenfalls im Fundgut des Ofenkomplexes¹⁰. Dagegen wurden in den gallischen und germanischen Provinzen zahlreiche Sigillata-Öfen ausgegraben, die – soweit erkennbar – alle zum Typus des auch in Rheinzabern gut vertretenen Ofens mit äußerem Röhrenkranz und über den Brennplattenlöchern eingestellten Röhren gehören, in der französischen Forschung als *„four à tubulures“* bezeichnet¹¹. In Nordafrika hält sich der Typus in etwas modifizierter Form in der dortigen Sigillata-Produktion bis ins 5./6. Jahrhundert¹².

Brenntemperatur der Terra Sigillata („Arretino modo“)

Die für Terra Sigillata notwendige Brenntemperatur wurde vielfach durch naturwissenschaftliche Untersuchungen und Brennexperimente in nachgebauten Öfen zu bestimmen versucht¹³. Allgemein werden Temperaturen zwischen 980° und 1050° angegeben. Es zeigt sich, dass die tatsächliche Brenntemperatur von verschiedenen Faktoren abhängen konnte, wie z.B. Konstruktion des Ofens sowie Führung und vor allem Dauer des Brandes, auch Unterschieden bei

Auch ist unwahrscheinlich, dass diese Funktion bei Ziegelöfen nötig gewesen wäre, da diese eine geringere Temperatur als die Sigillataöfen erforderten. Ein höherer Zug konnte außerdem nur durch das vertikale Brennkammer-Röhrensystem erreicht werden. Ludowici nannte ihn folgerichtig einen „Muffelofen“. Leider fehlt eine Schnittzeichnung, die die Art der Verbindung der Röhren nach unten hätte zeigen können. – Fälschlich rechnet D. Schaad (SCHAAD 2007a, 221; 223 Fig. 338) den Ofen von Ludowicis Fundstelle XIX (W. LUDOWICI, Urnengräber röm. Töpfer in Rheinzabern 1905–1908 [1908 = Katalog III] 143 f.) zur gleichen Gruppe. Der Schnitt (ebd. Fig. 16) zeigt aber eindeutig, dass die Röhren unten geschlossen in der Wandung sitzen. Ludowici beschreibt sie auch als mit Lehm gefüllt. Vermutlich dienten die Röhren zur Stabilisierung der Außenwand, ähnlich wie andernorts Wölbtopfe. (Für eine von Schaad [brieflich] erwogene Sekundärverwendung der Röhren gibt es keine Anhaltspunkte.) Der Ofen weist außerdem mitten unter der Brennplatte eine längliche Zungenmauer als Auflager für diese auf und beiderseits Kammern gleicher Höhe, dagegen keine Querkanäle. Auffällig ist auch die Zahl von 23 Löchern in der Brennplatte bei einem Innen-Dm. des Ofens (innerhalb des Röhrenkranzes in der Wandung) von 1,30 m. Vgl. hierzu das unten in Kap. 7 zu Rekonstruktion der Brennkammer Gesagte.

⁹ CUOMO DI CAPRIO 2007, 327 ff. unterscheidet: Terra sigillata a vernice rossa sinterizzata *Arretino modo* – Terra sigillata a vernice rossa semplice.

¹⁰ CUOMO DI CAPRIO 2007, 337 ff. – Rechteckige (!) Tubuli im Fundgut, aber anscheinend nie ehemals in Löchern der Brennplatte stehend, sondern vermutlich nahe der Außenwand, bei dem kleinen Rechteckofen Nr. 5 (1,20 × 1,30 m) von Padua: S. CIPRIANO/S. MAZZOCCHIN/C. ROSSIGNOLI, Un nuovo centro di produzione ceramica a Patavium. In: Atti Pisa 2005, 245–255; DIES. in: I colori della terra. Storia stratigrafica nell'area urbana del Collegio Ravenna a Padova. Arch. Veneta 27–28, 2004–2005 (2007) 73–183 bes. 170 ff. zur Typologie der Öfen und Nachweis weiterer TS-Öfen in Italien. – Vgl. auch den Beitrag von S. Cipriano/S. Mazzocchin in diesem Band, dort auch zur Datierung der Benutzung des Ofens Mitte 1.–Mitte 2. Jh. n. Chr. Diesem Ofen vergleichbar vielleicht der Ofen 3 von Schwabegg (SÖLCH 1999, 21), allerdings ohne Nachweis und Wahrscheinlichkeit für Sigillata als Brenngut (vgl. ebd. 94–97 die völlig hypothetische Rekonstruktion von Ofen 3, vor allem was den Einsatz zweier Röhrensorten über Brennplattenlöchern bei diesem Ofen und zusätzlichen Gebrauch „blinder“ Röhren mit aufgelegten Tegulae zum Einstapeln des Brenngutes angeht.) – Für einen kleinen Rechteckofen von 1,40 × 1,30 m Brennplatte und zwei kurzen Querzügen in Rheinzabern, zur gleichen Werkstatteinheit gehörig wie der Sigillataofen Nr. 4, nimmt H. Bernhard (mündl.) schwarze Firmisware als Brenngut an.

¹¹ SCHAAD 2007 a, 219–225. – CUOMO DI CAPRIO 2007, 348–351; 371–373.

¹² Ebd. 351 f. 373.

¹³ M. BIMSON, A Note on the Use of Colour Change on Refiring as an Indication of the Original Firing Temperature of Terra Sigillata. Acta Praehist. et Arch. 9/10, 1978/79, 5. – R. B. HEIMANN, Mineralogische Vorgänge beim Brennen von Keramik und Archäometrie. Ebd. 79–101 bes. 85 ff. (Methoden der Brenntemperaturbestimmung). – H. W. HENNICKE, Temperaturabhängige mechanische Eigenschaften von keramischen Rohmassen in Bezug zur Setztechnik im Ofen. Ebd. 103–106. Er gibt für Rheinzaberner TS als Ergebnis von Tests mit Durchschallungsverfahren mit Ultraschall eine Spanne von 950–1080° an. – M. MAGGETTI/G. GALETTI, Naturwiss. Unters. an der Terra Sigillata von Schwabegg. In: W. Endres/W. Czyszyk/G. Sorge (Hrsg.), Forschungen zur Geschichte der Keramik in Schwaben (München 1993) 101–118 bes. 106 f.: 950–1050°. – N. Cuomo di Caprio und M. Picon: 1050–1100° (CUOMO DI CAPRIO 2007, 331; 365 f.; 373 mit älterer Lit. – M. PICON zuletzt in: PICON/VERNHEIT 2008, 560 mit Anm. 18 mit älterer Lit.). – C. De Casas, J. u. M. Fernandes für La Graufesenque: ca. 1050° (DE CASAS 2007, 234). – Für Rheinzabern: A. Winter u. a. mit Rheinzaberner Ton und Ofen in Raumenthal: 980–max. 1020°! (WINTER 2003, 277 f.); J. Weiss in Augst mit Rheinzaberner Ton: 980–1000° (WEISS 2002, 11 f.). R. Van Zijl de Jong (mündl.) bei Versuchsofen in Velzeke, Belgien: 970° (max. 1020°). – Zur deutlich kleineren Dimensionierung der bei Experimenten mit Sigillatabrand benutzten Öfen vgl. unten Anm. 57. – Die Brenntemperaturen anderer hochwertiger römischer Feinkeramik, z. B. rot engobierter dünnwandiger Ware oder Schwarzfirmisware, sind bedauerlicherweise wegen der Forschungsfixierung auf die Sigillata nie in ähnlichem Umfang untersucht worden.

⁷ Anscheinend sollte die Drainage das sich während des Brandes unter dem Kanal bildende Kondenswasser ableiten, außerdem bei Nichtbetrieb des Ofens nach starkem Regen seitlich eindringende Feuchtigkeit entsorgen. In Rheinzabern Ofen Nr. 11 bestand die Drainageleitung nicht für die ganze Benutzungszeit. – Eine Drainageleitung hatten auch der Sigillataofen (Ofen 3) von Lavoye und, sehr eindeutig beschrieben, Ofen A in Pont-des-Rèmes (CHENET/GAUDRON 1955, 81 f.) (vgl. unten Anm. 20 u. 22). – Zu Drainagen bei Ziegelöfen: A. Mc WHIRR, Roman Brick and Tile. BAR Internat. Ser. 68 (Oxford 1979) 120 (Muncaster Ofen A) und 148 (Potters Bar). – Diskutiert wurde statt der Funktion „Drainage“ auch die Möglichkeit einer zusätzlichen Sauerstoffzufuhr zur Optimierung des Verbrennungsvorganges. Dagegen spricht in diesem Fall, dass die Rohrleitung am hinteren Ofenende von der Sohle des Heissluftkanals überdeckt war, also keine Öffnung in diesen Kanal aufwies.

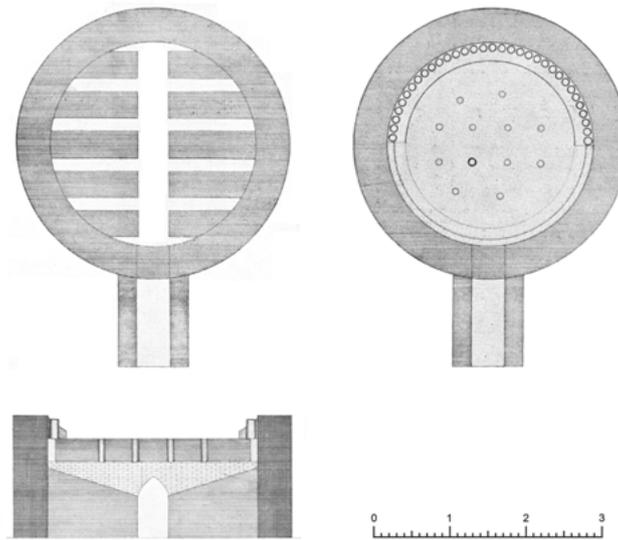


Abb. 10. Eschweiler Hof. Sigillata-Brennofen. Substruktion, Aufgehendes und Querschnitt.

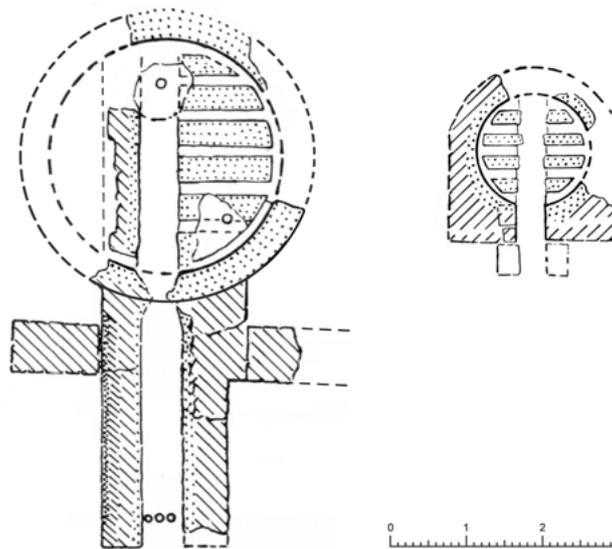


Abb. 11. Trier, Pacelliufer. Links: Ofen 1 Rechts: Ofen 4.

den zu den Produktionsstätten gehörigen lokalen Tonlagerstätten usw. Für Rheinzabern hat A. Winter exemplarisch vorgeführt, wie wichtig auch die richtige Auswahl bzw. Mischung der Schichten innerhalb einer Tonlagerstätte für die Brenneigenschaften des Sigillata-Tons und seines Überzuges ist¹⁴.

Der Brennofen mit äußerem Röhrenkranz, Ringkanal und Röhren über den Löchern der Brennplatte („four à tubulaires“)

Bevor wir uns den Überlegungen zur Rekonstruktion des Aufgehenden, also des Inneren der Brennkammer, zuwenden, sollen einige Beispiele für den Typus „four à tubulaires“ genannt sein, deren Ausgrabung die besten Hinweise auf die Konstruktion der Öfen geliefert haben.

Ein unmittelbarer Vorläufer der Rheinzaberner Manufaktur ist **Heiligenberg** (richtig: Gem. Dinsheim) im Elsaß. Hier wurden zwei große Sigillata-Öfen schon 1822 freigelegt. 1983 wurden in einer Nachgrabung die alten Ergebnisse im Wesentlichen bestätigt¹⁵.

Bei Ofen 1 (**Abb. 8** oben) war die linke Hälfte der Brennkammer durch spätere Befunde zerstört. Der Ofen war mit ca. 4,20 m Innen-Dm. ungewöhnlich groß. Vom Hauptheißluftkanal gingen acht Querkanäle ab. An der Innenseite der Ofenwand sollen bei der ersten Aufdeckung noch etwa zehn Tonrohre sichtbar gewesen sein¹⁶. Durch die neue Grabung ist auch der Ringkanal nachgewiesen. Die Brennplatte war nicht mehr erhalten. – Ofen 2 (**Abb. 8** unten, **Abb. 9**) war kleiner: Innen-Dm. immerhin noch 3,00–3,10 m. In der weitestgehend erhaltenen Brennplatte gab es 15 Löcher, in denen teilweise noch die Röhren steckten. Darunter lagen offenbar sechs Querzüge. Über dem Ringkanal fand sich eine große Zahl von Röhren des inneren Ofenmantels.

In der Manufaktur **Eschweiler Hof**¹⁷ (Gem. Kirkel, Saarland) (**Abb. 10**) kam 1912 ein recht gut erhaltener Ofen zu Tage, der in seiner Größe genau dem Ofen 6 von Rheinzabern entspricht. Die Brennplatte mit ihren 12 Löchern war noch intakt. In einem Loch steckte auch noch ein Tonrohr. Unter der Brennplatte gab es sechs Querzüge. Auch ein Ringkanal war vorhanden mit noch sieben *in situ* stekenden Rohren in dem sie umgebenden Tonmantel.

In der mit Rheinzabern nach Westen konkurrierenden Manufaktur **Trier**¹⁸ legte man 1933–36 zwei Brennöfen des nun schon bekannten Typus frei, allerdings waren praktisch nur noch die Substruktionen erhalten (**Abb. 11**). Ofen 1 hatte einen Innen-Dm. von 3,10 m. Sieben Querzüge und der Ringkanal sowie kleine Reste der Brennplatte waren zu sehen. Ofen 4 war wesentlich kleiner: nur etwa 1,50 m Innen-Dm.. Der Unterbau des Brennraums ist aber nach dem gleichen Prinzip gegliedert: Hauptkanal mit fünf Querzügen und Ringkanal.

Um 1990 wurde ein vom Ausgräber ins 2. Jh. datierter Ofen in der ostgallischen Manufaktur **Luxeuil**¹⁹ ausgegraben (Ofen B innerhalb einer Gruppe von acht Öfen mit gemeinsamer Bedienungsgrube) (**Abb. 12**). Der Ringkanal ist klar nachgewiesen. Auch ein Teil des äußeren Röhrenkranzes war noch erhalten, ebenso die gesamte Brennplatte mit

14 Löchern. Der Innen-Dm. der Brennkammer betrug 2,26 m, ohne den Röhrenkranzmantel noch 1,80 m.

Leider schlecht dokumentiert ist ein 1906 in **Lavoie**²⁰ aufgedeuter Ofen. Offenbar besaß er in der Unterkonstruktion zwei vom Hauptkanal nicht rechtwinklig, sondern schräg abgehende Querzüge. Auch ein Ringkanal war anscheinend vorhanden. Der Innen-Dm. betrug mit Ringkanal 2,40 m.

In einer Werkstatt für sog. Argonnen-Sigillata in **Mareuil-lès-Meaux**²¹ wurde 2002 ein Sigillata-Brennofen ausgegraben (**Abb. 13**). Er war noch bis etwas oberhalb der Brennplatte erhalten, incl. Röhrenkranz (ursprünglich wohl 52 Stück) in einem Tonmantel. Die Brennplatte hatte nur vier Löcher. Ihr Innen-Dm. ohne Röhrenmantel betrug ca. 1,40 m. Der Ofen weist somit große Ähnlichkeiten mit dem im Nordteil Rheinzaberns aufgedeckten, ebenfalls wohl ins 4. Jh. zu datierenden Ofen (Nr. 2) auf.

In der großen mittelgallischen Manufaktur **Lezoux** wurde bereits vor 1914 ein Ofen ausgegraben, der oberhalb der Brennplatte offenbar noch recht weit erhalten war²² (**Abb. 14**). Er hatte ebenfalls einen äußeren Röhrenkranz. Der Innen-Dm. betrug ca. 2,20 m, ohne den Röhrenkranz mit

¹⁴ WINTER 2003, 273–278 bes. 277.

¹⁵ Zuletzt ausführlich: KERN 2009, 21 ff. 37 ff. – SCHAAD 2007a, 334 mit ält. Lit. u. vielen Abb. – Ofen 1 (I) war in der SW-Hälfte überlagert durch einen wohl rechteckigen Brennofen mit durch eine Zungenmauer zweigeteiltem Hauptheißluftkanal (Ofen III). Bei seinen Nachgrabungen fand Kern nordöstlich von Ofen 2 (II) noch Reste eines weiteren Brennofens (Ofen XI) mit langem, zweigeteiltem Hauptkanal mit Spuren der mittleren Zungenmauer (KERN 2009, 37; 43–46). Die Verfüllungsgrube des Brennraums des Ofens zeichnete sich als Rundform ab (Dm. ca. 4,70 m). Im Plan (ebd. 37) ist dies lediglich als rekonstruierte Ergänzung koloriert. Als Brenngut für diesen Ofen nimmt Kern aber Ziegel an (ebd. 46). Das Schürkanalende, der Ofenmund, war beiderseits in rechtwinklig anschließendes Mauerwerk eingebunden, das zusammen mit Grabungsbefunden von 1909–1910 im SW zu einem großen rechtwinkligen Bedienungsgebäude für die Ofengruppe rekonstruiert wird. Ein neben Ofen XI abgehender Mauerwinkel legt die Vermutung nahe, dass alle Öfen in einer gemeinsamen, überdachten Halle standen.

¹⁶ Vgl. Abb. 8 links oben. So auch KERN 2009, 38.

¹⁷ KNORR/SPRATER 1927, 112–115 mit Abb. 37–41 u. Taf. 102.

¹⁸ HULD-ZETSCHKE 1972, 82 u. Beil. 1

¹⁹ PH. KAHN/P. KAHN, L'atelier du Chatigny à Luxeuil (Haute-Saône): structures et approche des productions. S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Mandeure (Marseille 1990) 69–72. – SCHAAD 2007a, 224 mit Fig. 340–341.

²⁰ CHENET/GAUDRON 1955, 78 f; 71 Fig. 36 (Ofen E). Drainage unter der Sohle von Hauptkanal und Schürkanal! Die Zeichnung zeigt ein Vollrohr.

²¹ P. BET/R. DELAGE/P. VAN OSSEL, Un atelier de sigillée de type argonnais près de Meaux, le site de la Grange du Mont à Mareuil-lès-Meaux (Seine-et-Marne). S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Saint-Romain-en-Gal (Marseille 2003) 435–448 bes. 440 f. (Ofen Nr. 3).

²² SCHAAD 2007a, 223 f. Fig. 339; DERS. 2007b, 175 Fig. 6, jeweils mit älterer Lit. – CHENET/GAUDRON 1955, 84; 88 Fig. 40 (Modell im Museum Saint-Germain-en-Laye). Dem Brand von Sigillata *könnte* in Lezoux auch ein Ofen gedient haben, von dem nur der 6,80 m lange Schür- und Hauptkanal und der Feuerungskeller erhalten waren (PH. BET/R. GANGLOFF, Les installations de potiers gallo-romains sur le site de la Z.A.C. de l'enclos à Lezoux. S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Caen [Marseille 1987] 148–151: Ofen 55). Ähnlich war der Erhaltungszustand eines Ofens (A) in Pont-des-Rèmes (Länge Hauptkanal und Schürkanal bis incl. Ofenbrust: 6,40 m). Zur Drainage dieses Ofens s. o. Anm. 7. Noch schlechter erhalten war Ofen 48 in Lezoux (PH. BET/R. GANGLOFF a.a.O. 154, vgl. 147 Lageskizze), angeblich ein Rechteckofen mit extrem starker Verglasung der Heizkanalwände und Verfüllung mit typischem Sigillataofen-Einbauteilen wie Röhren usw.

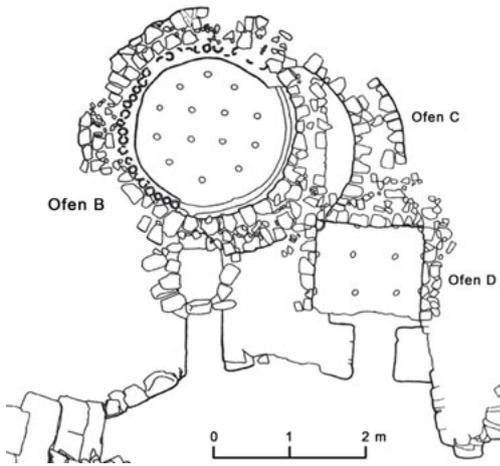


Abb. 12. Luxeuil. Sigillataofen und Teil der gemeinsamen Bedienungsrube der 8 Brennöfen.

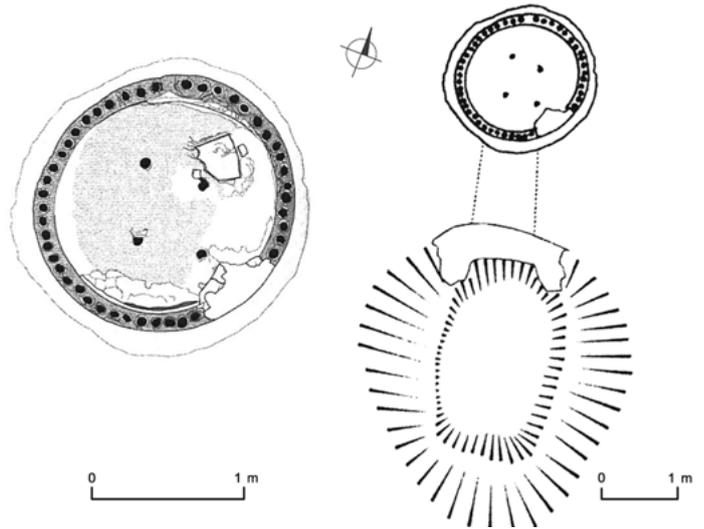


Abb. 13. Mareuil. Rechts Gesamtplan, links Detail: Ofenkörper.

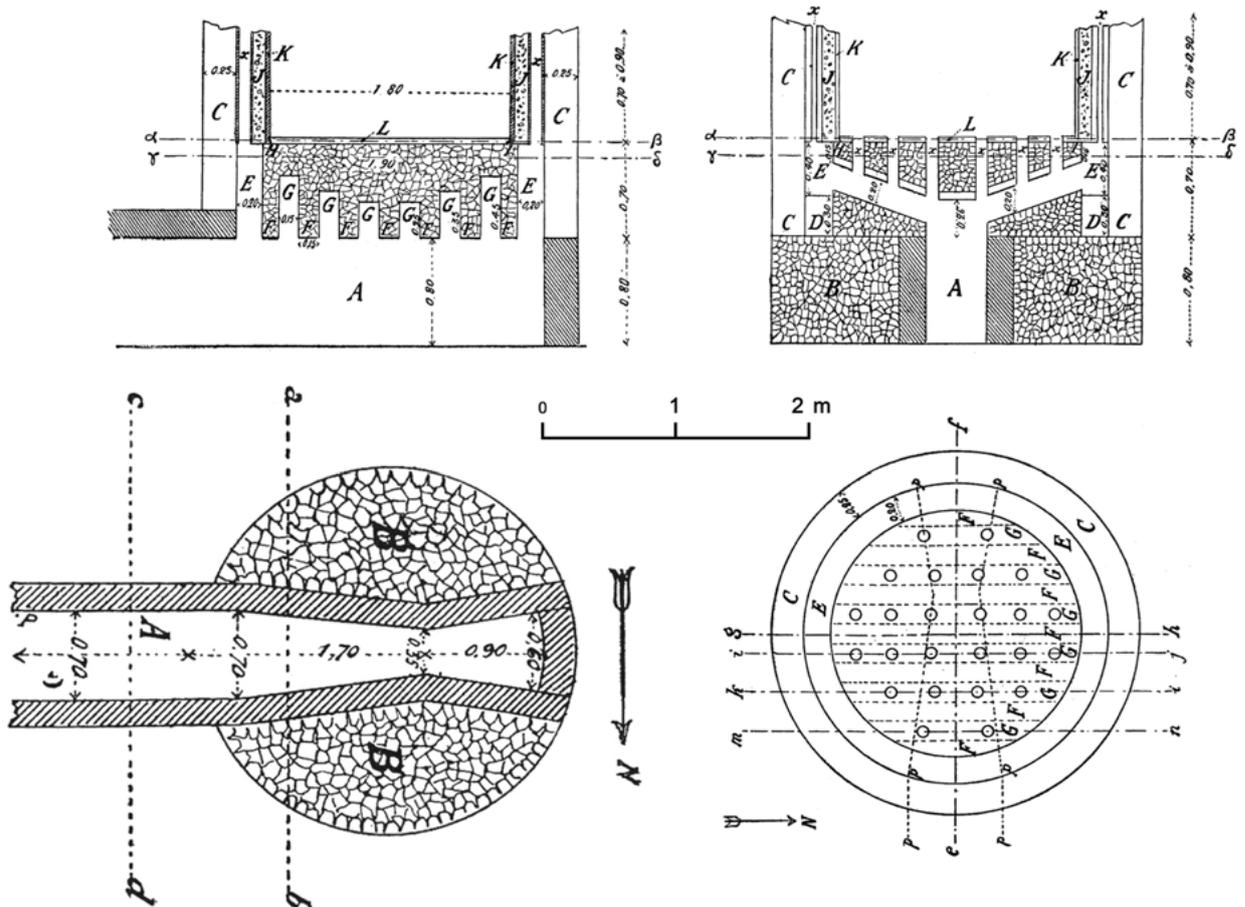


Abb. 14. Lezoux. Brennöfen. Oben: Längs- und Querschnitt. Unten: Grundriss der Substruktion und in Höhe der Brennplatte.

Mantel 1,80 m. Die Brennplatte soll 24 Löcher gehabt haben. Auffällig ist eine Einziehung des Hauptkanals etwa in der Mitte.

Leider schon 1868 ausgegraben wurde ein Rundofen in der südgallischen Manufaktur **Montans**²³ (Abb. 15). Er war noch ca. 50 cm über der Brennplatte erhalten incl. eines innen an der Außenwand in einen Tonmantel eingebetteten Kranzes von 48 Röhren über einem Ringkanal. Der Innen-Dm. des Ofens betrug ca. 2,25–2,30 m, abzüglich Röhrenmantel 1,80 m. Auch das Fundgut im Umfeld des Ofens (Tournettes, Röhren, Brennhilfen) macht Sigillata als Brenngut sehr wahrscheinlich. Der Ofen lag innerhalb eines Mauergevierts von 4,25 × 7 m rund um einen Ziegel-Fußboden. Ofen und Lehmziegelpflaster wurden wohl durch ein von den Mauern getragenes Dach gegen Regen geschützt²⁴.

Der von Vernhet 1979 in **La Graufesenque**²⁵ ausgegrabene große Ofen („*grand four*“) liegt in einem fast quadratischen Mauergeviert von innen 5,48 × 5,05 m (Abb. 16). Der Ofen war nur im unteren Teil der Substruktion erhalten, bis ca. 60–70 cm unter Brennplatten-Oberkante. Der Ausgräber rekonstruierte ihn als Rechteckofen mit einem äußeren Mantel, der unmittelbar in das Mauervierviereck eingepasst ist²⁶. In einer Nachgrabung hat D. Schaad im Jahre 2005 den Ofen noch einmal untersucht und den Befund, soweit er nicht wegrestauriert war, besser dokumentiert²⁷. Durch genauere Beobachtung des aus Lehmziegeln gemauerten Sockels des Ofens beiderseits des Hauptkanals konnte er nachweisen, dass der Ofen eine *runde Grundform* hatte²⁸. Die von ihm vermutete Größe mit Innen-Dm. von 2,30 m erscheint uns zu niedrig, da die oberen Schichten des Ziegelunterbaus nicht erhalten sind und somit nicht als Anhaltspunkt dienen können. Wir halten einen Innen-Dm. von ca. 2,80–3,10 m für wahrscheinlich²⁹. Die von Schaad angenommene Zweiphasigkeit des Ofens, die von einer zweiten, äußeren Plattenreihe für die Hauptkanalwände und einer Einarbeitung in der Rückwand ausgeht und zur Rekonstruktion von zwei Kammern mit Mittelrippe dazwischen führt, ist nicht sehr plausibel³⁰. Somit entfällt auch Schaad wohl

Ansätze der Feuerbrücken gesichert. Auch Schaad (SCHAAD 2007a, 203 Fig. 312) dokumentiert nur einen einzigen Querzuganfang („*montée de flamme*“). Durch den Erhaltungszustand sind Länge der Querkanäle und deren Steigungsgrad über die Gesamtlänge sowie die Höhe der Brennplatte über der Hauptkanalsole nicht mehr feststellbar. Schaad wies uns darauf hin (brieflich Juli 2009), dass die Erhaltungshöhe ca. 70 cm niedriger war, als von Vernhet in seiner Rekonstruktion dargestellt (vgl. unten Abb. 20).

²⁷ SCHAAD 2007a, 190 ff.

²⁸ Die ovale Außenkontur des feuergeröteten Lehmziegelsockels ergibt sich aus der größeren Nähe der Hitze nahe den beiden Enden des Hauptkanals im Ofen, wie R. Sölch (SÖLCH 1999 bes. 19 f.) schlüssig an Ofen 2 der Manufaktur **Schwabegg** zeigen konnte. Die weiteste Stelle des Ovals würde ungefähr die Mittelachse des Ofens markieren. Von diesem Ofen 2 war allerdings nur der größte Teil des Haupt- und Schürkanals erhalten, sehr wahrscheinlich ein Sigillata-Brennofen von etwa 2,40 m Innen-Dm. Ein Rechteckofen hätte nie eine so unregelmäßige, ovale Färbung des Sockels ergeben.

²⁹ Einzig *sichere* Anhaltspunkte sind das hintere Ende des Hauptheissluftkanals und die Größe des umgebenden Mauergevierts. Für die Außenwand eines Rundofens innerhalb des Mauergevierts ergibt sich unter maximaler Ausnutzung des Platzes innerhalb des Mauergevierts, also des Abstands von Hauptkanalrückwand innen bis Mauer 240, eine Dicke von maximal 0,85 m. Nimmt man die gleiche Entfernung des Ofenmantels auch im Süden zu Mauer 238/242 an, ist bei einem Innenmaß der Entfernung zwischen Nord- und Südmauer (240 und 238/242) von 5,20–5,30 m, ein Ofen-Innen-Dm. von ca. 3,50 m als *Maximum* möglich. Für den Schürkanal, von Schürloch bis zu Ofenwand-Innenkante, bliebe eine Länge von 3,90 m Minimum. Bei den bekannten runden TS-Öfen (mit äußerem Röhrenmantel) ist der Schürkanal meist länger als der Hauptkanal im Ofeninneren. Wie Schaad richtig feststellt, ist für Errichtung und Betrieb des Ofens ein Zwischenraum zwischen Ofenmantel-Außenseite und Mauergeviert durchaus sinnvoll. Die von Schaad veranschlagte Dicke des Ofenmantels von 0,45 m erscheint plausibel (vgl. ähnlich in Rheinzabern). Wenn die Ofenwand im Süden bis unmittelbar an die Mauer 238/242 herangereicht hätte, ergäbe sich für den Innen-Dm. des Ofens ein (hier eher unwahrscheinlicher) Dm. von 3,90 m als Maximum. – Einen gewissen Anhaltspunkt gewinnt man vielleicht durch das bei anderen Sigillataöfen zu beobachtende Längenverhältnis von etwa 1:1 zwischen Schürhals bis zur Ofenbrust-Außenkante zu Hauptkanal-Beginn im Ofen bis zur Rückwand innen. Bei einer Gesamtlänge von Ofenbrust-Außenkante bis Hauptkanal Rückwand von 5,70 m erhält man eine Hauptkanallänge bzw. Ofen-Innen-Dm. von ca. 2,85 m.

³⁰ Die äußeren seitlichen Sandsteinplatten könnten auch nur eine Hinterfütterung zwecks Stabilisierung der inneren sein. Dagegen spricht höchstens die gemischt strukturierte Einfüllung (282) zwischen den beiden senkrechten Plattenreihen (257 und 246). Auf den (für Schaad in beiden Phasen benutzten) Bodenplatten des Hauptkanals finden sich keinerlei Spuren einer mittleren Unterteilung des sonst sehr breiten Kanals. Die Einarbeitung in der senkrechten Platte am Hauptkanal-Ende ist wohl eher ein Hinweis auf eine Spolie von anderem Ort in Sekundärverwendung. – Neuerdings nimmt Schaad sogar 3 Phasen für den Ofen an (Schaad brieflich Juli 2009). Die gesamte Ziegelsubstruktion soll demnach zu einer noch älteren Phase 1 vor dem Ofen mit zwei Mittelkanälen (Phase 2) und dem Ofen mit einem einzigen Mittelkanal (Phase 3) gehören. Dann müsste in Phase 1 aber ein anderer, einfacherer Ofentypus vorliegen, evtl. mit einer Mittelrippe (Zungenmauer) in der Substruktion und Heizraum (beiderseits der Mittelrippe) in ganzer Ausdehnung des Brennraums darüber. Für diesen Ofen wäre evtl. auch ein anderes Brenngut als Sigillata zu vermuten, da mit diesem Ofentypus vielleicht nicht die notwendigen Brenntemperaturen erreicht würden. Es ergäbe sich dann ein sehr großer, vielleicht eher birnenförmiger Ofen dieses Typus (Innen-Dm. quer 2,20–2,30 m). Der von Schaad brieflich erwähnte Putz auf der Innenseite der Ziegelwände, der sehr stark verbrannt sei, könnte die Annahme dieser älteren Phase 1 stützen. Die Ziegelmauern wären dann anschließend wiederverwendet worden als Unterbau für die Querzüge der Öfen Phase 2 und 3. – Falls es keine älteste Phase 1 gäbe, sieht Schaad in dem verbrannten Putz auf der Ziegelwandinnenseite einen Beweis dafür, dass die äußeren senkrechten Steinplatten des Mittelkanals (251 und 257) zu seiner früheren Phase mit geteiltem Mittelkanal gehören. Diese Platten hätten wohl nach seiner Meinung bei einer Verwendung lediglich als Hinterfütterung der Platten 246 nicht so viel Hitze auf den Putz auf den Ziegeln abgeben können. – Für einen großen Rundofen mit zweigeteiltem, breitem Hauptheissluftkanal und Mittelrippe führt Schaad einen Ziegelbrennofen in Cadayrac (com. Salles-la-Source, dép. Aveyron) (SCHAAD 2007a, 200; 202 Abb. 310) sowie den Ofen XI von Heiligenberg (brieflich s. o.) als Vergleichsbeispiele an.

²³ SCHAAD 2007b, 74 f. mit Grundrissen und Schnitt Fig. 4. Schaad weist darauf hin, dass keine Löcher in der Brennplatte eingezeichnet sind. Er vermutet, die alte, nachträgliche Zeichnung sei in diesem Punkte unvollständig. Sie wiederholt das Schema des Lehmziegel-Plattenbodens der den Ofen umgebenden Pflasterung. Der Röhrenkranz ist aber anscheinend eindeutig Befund. Fraglich bleibt, ob tatsächlich alle Röhren vorhanden waren oder einige ergänzt sind. Vgl. auch TH. MARTIN, *Les ateliers de potiers gallo-romains de Montans*. In: Atti Pisa 2005, 323–346 bes. 326–328.

²⁴ In neuerer Zeit häufen sich in den Ausgrabungen, auch in Rheinzabern, Hinweise auf Überdachungen von Keramik- und Ziegelbrennöfen selbst, nicht nur von den Bedienungsräumen. Meist sind es aber Holzpfostenreste. Vgl. z.B. H. A. TRIMPERT, *Die römischen Ziegeleien in Rheinzabern „Fidelisstrasse“*. Arch. Forsch. Pfalz 3 = Forsch. Tabernae-Rheinzabern I (Speyer 2003) v. a. 30 ff. 263 ff. (Halle 5).

²⁵ VERNHET 1981, 25–30 mit Fig. 1 u. 4 (Grundrissrekonstr.) u. Fig. 2–3 (Grabungsfotos). Vgl. auch DERS., *Gallia* 38, 1980, 2, 464–467. Leider wurde die Ausgrabung damals nur mäßig dokumentiert und kurz danach tw. außen wiederaufgefüllt und der Ofen restauriert.

²⁶ Für die Brennkammer verbliebe dann eine Fläche von ca. 4 × 4 m. In der Substruktion seien von dem einzig brauchbar erhaltenen Hauptkanal im oberen Teil acht aufsteigende, 20 cm breite Querkanäle abgegangen. Von den dazwischen liegenden „Feuerbrücken“ über dem Hauptkanal glaubt er, noch in sechs Fällen die Ansätze, 30 cm breit, am Hauptkanal zu erkennen. Nach ergänztem Grundriss Fig. 1 und Grabungsfoto Fig. 2 scheint lediglich ein Querzug durch eine erste Basisplatte und seitliche Begrenzungen durch die

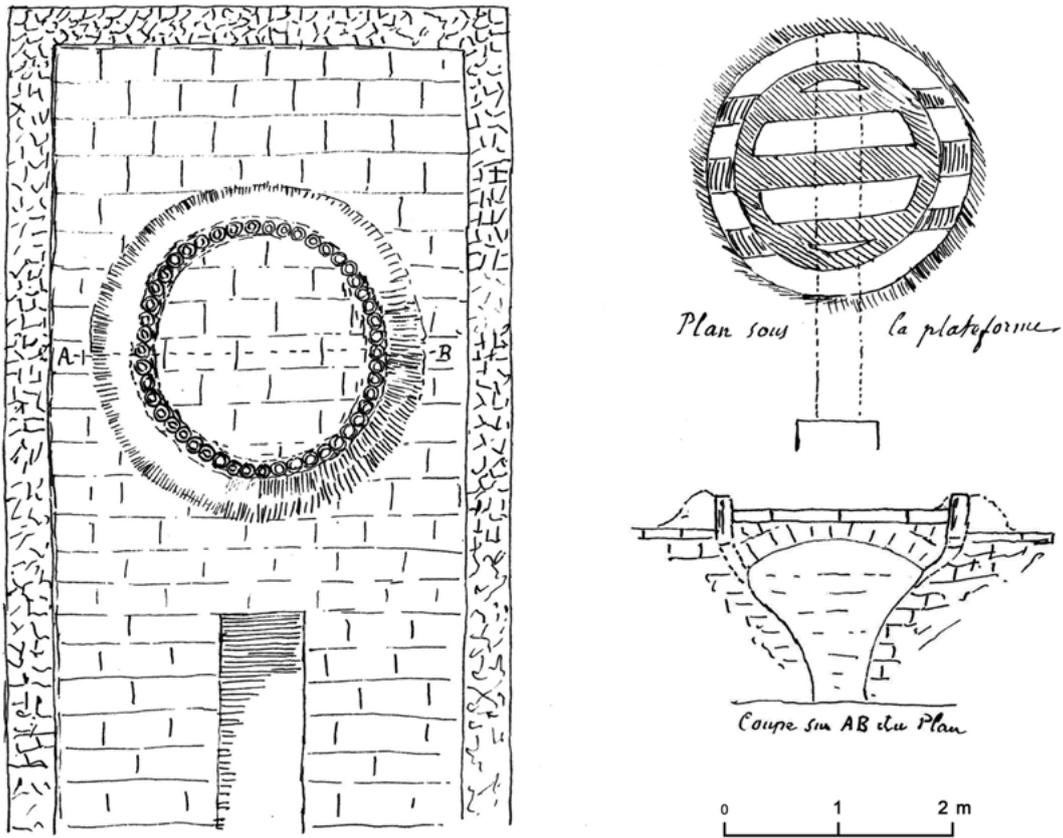


Abb. 15. Montans. Brennofen. Grabung 1868. Gesamtplan, Substruktur und Schnitt.

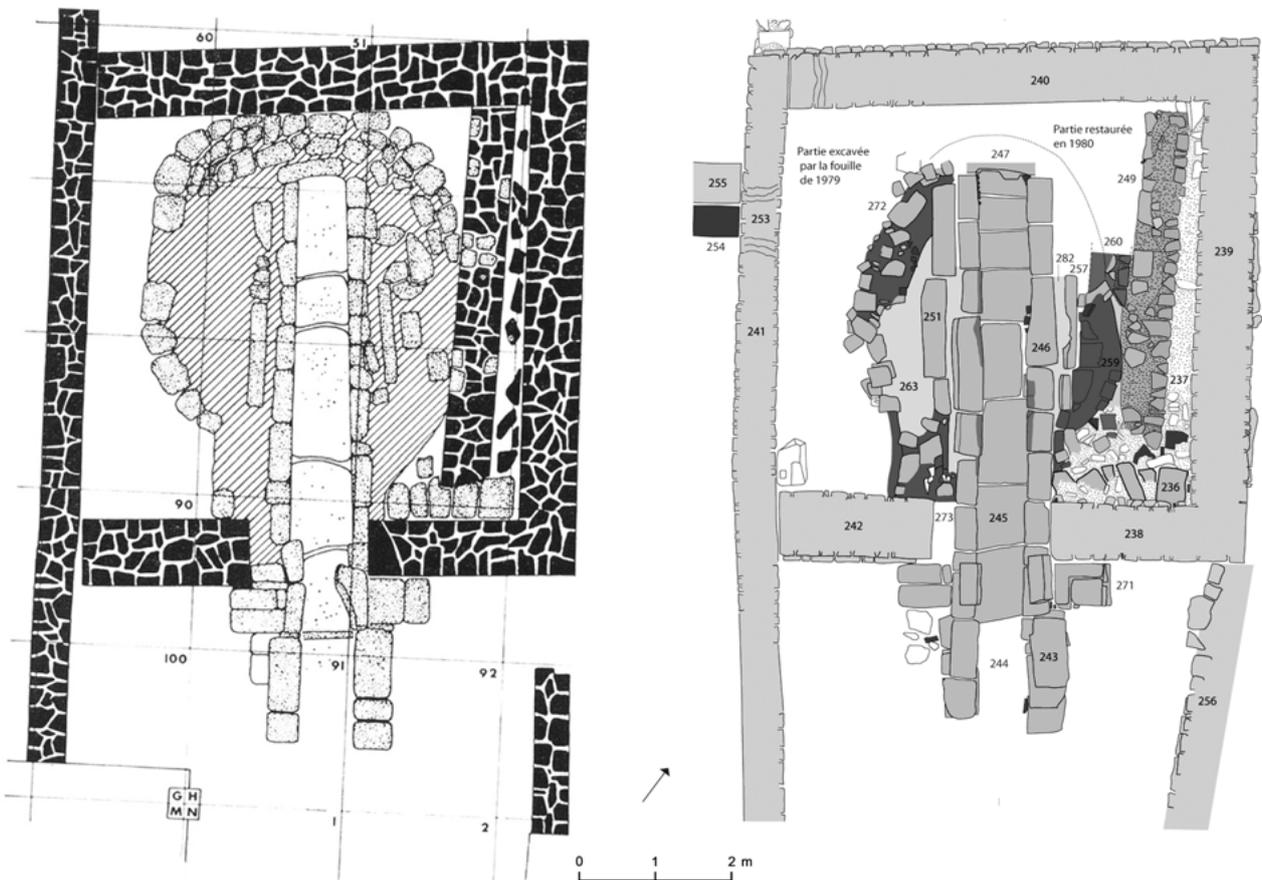


Abb. 16. La Graufesenque: „grand four“. Grundriß : Links nach VERNHET 1981, rechts nach SCHAAD 2007 a.

nur für Phase 1 erwogene mögliche (!) Verwendung als Ziegelofen³¹. Dass der ‚große Ofen‘ von La Graufesenque zum hier erörterten Typus gehört, lässt sich wegen seiner Ähnlichkeit zum südgalischen Montans zwar vermuten, doch liegen auf Grund seines unzureichenden Erhaltungszustandes keine Hinweise auf Ringkanal und Röhrenkranz vor. Vor allem spricht für einen ‚four à tubulures‘ aber auch das Fundgut der Schuttablagerungen südlich und nördlich des Ofens mit einer großen Zahl der typischen Elemente der Ofen-Innenkonstruktion³².

Ähnlich schlecht war der Erhaltungszustand des runden Brennofens Nr. 6 im La Graufesenque benachbarten **Aspiran**³³ (Abb. 17). Der Ofen fällt durch seinen langen Schürkanal auf. Vom Hauptkanal gingen wohl fünf Querkanäle ab. Der Innen-Dm. lässt sich auf etwa 2,20 m schätzen. Anhaltspunkte für Ringkanal und Röhrenkranz fehlen auch hier. Die Ausgräber gehen von Sigillata als Brenngut aus.

Nachahmungen des Typus „four à tubulures“

Der Typus des Rundofens mit Röhrenkranz („four à tubulures“) bewährte sich in seiner Funktion anscheinend so gut, dass er imitiert wurde, indem man konstruktive Elemente auch für Öfen mit anderem Brenngut übernahm:

In der Lezoux benachbarten Manufaktur **Martres-de-Veyre**³⁴ wurde 1953 ein *Rechteck*-Ofen freigelegt. Über einem der 14 Löcher in der Brennplatte von 2,30 × 2,20 m fand sich eine Tonröhre *in situ*. Die Außenwand des Ofens war nicht mehr erhalten. Den Raum unter der Brennplatte teilte längs eine *Mittelmauer*, die zusammen mit den *Tonnengewölben* zu beiden Seiten die Brennplatte trug. Spuren eines Ringkanals fehlen. Auch sonstige Hinweise auf Sigillatabrand wie Fehlbrände oder Ofenhilfsbesatz gab es nicht.

In **Stuttgart-Bad Cannstatt** wurde 1909 ein relativ gut erhaltener Sigillata(?) -Ofen aufgedeckt.³⁵ Der Innen-Dm. betrug bis zur Außenwand nur 1,65 m, so dass für die eigentliche Brennkammer nur etwa 1,30 m Dm. übrig blieb. Die Brennplatte war anscheinend noch komplett vorhanden einschließlich der untersten Röhren in den vier Löchern der Platte. Getragen wurde die Brennplatte nicht durch den Hauptkanal überwölbende Brücken, zwischen denen vom oberen Teil des Hauptkanals abgehende Querzüge ansteigen. Vielmehr nimmt das Untergeschoß des Ofens als „Feuerraum“ die gesamte Fläche unter der Brennplatte ein und hat seine Sohle (nach hinten ansteigend) auf etwa gleicher Höhe wie der Schürkanal. Darin sind drei Paare 0,85 m hoher Ziegelpfeiler symmetrisch zur Mittelachse des Ofens eingestellt und tragen die Brennplatte. Die Außenwand des Ofens stand noch bis etwa 40 cm oberhalb der Brennplatte. An der Innenseite der Wandung fand sich in der Tonummantelung der vollständige Kranz der untersten Röhren (Dm. 10 cm), die etwas unter Brennplatten-Oberkante reichten und mit dem Feuerraum in Verbindung standen. Es waren 46 Stück. Obwohl der Ofen im Aufbau sehr dem Typus „fours à tubulures“ ähnelt, ist für ihn die Produktion von Sigillata äußerst fraglich, da sich diesem Fundort keine Gruppe der Schwäbischen Ware zuordnen lässt³⁶.

Der 1991 in der TS-Manufaktur **Geugnon**³⁷ ausgegrabene Ofen 54 hatte incl. Schürkanal nur eine Länge von 2 m, die runde Brennkammer einen Innen-Dm. von ca. 1,10 m, der sich durch eine zusätzliche Innenschale auf 0,80 m reduziert. In dieser Innenschale steckten, gegen die äußere Schale geöffnet, 20 Imbrices. Sie stehen nach unten in Verbindung mit der Heizkammer von rechteckiger Grundform, und zwar über einen Ringkanal, der am Ende der Unterbauten der Brennplatte angelegt ist. Die Brennplatte ist durchbrochen von zwei Löchern in zentraler Position. Die Ausgräber schließen den Brand von Sigillata in diesem Ofen aus.

Datierung des Typus „four à tubulures“

Wie sich zeigt, war der Typus des Röhrenkranzofens im Nordwesten des Römerreichs wohl der Standard für Sigillata-Brennöfen des 2. und 3. Jhs. n. Chr. Aber auch die Töpfer der Argonnenware im 4. Jh. bedienen sich der gleichen Ofenform. Soweit bisher erkennbar, scheint der Typus in Südgalien im 1. Jh. n. Chr. entstanden zu sein. Eine ge-

³¹ Vgl. hierzu die heftige Polemik von M. Picon und A. Vernhet (PICON/VERNHET 2008) mit allerdings wenig überzeugenden Gegenargumenten, vor allem, was die von Schaad erstmals dokumentierten (!) Ablaufspuren von verglastem Ton („coulures“) auf den Sandsteinplatten des Hauptkanals angeht. Picon/Vernhet gehen unbegründet davon aus, dass diese Spuren nur aus dem Brennraum, nicht aber vom Lehmverstrich von Brücken und Brennplatte stammen könnten. Sie müssten bei einem Totalschaden des Ofens („débâcle“) durch die Löcher der Brennplatte nach unten gelaufen sein und sich auf die Bereiche der Querzüge beschränken. Die „coulures“ sind aber breiter und geben keine Anhaltspunkte für Querzüge. Eine Folge normaler Benutzung und der im Hauptkanal höheren Temperaturen schließt Picon einfach aus. Seine Ermittlung der zur Verflüssigung führenden Temperatur mittels Dilatometer führt in die Irre. Innerhalb seiner Proben A–C würde nur Probe A in Frage kommen. Ein solcher Ton der Qualität von Probe A wurde aber nach seiner eigenen Aussage nicht nur für Sigillata, sondern auch für Ofenhilfsbesatz und konstruktive Elemente im Ofen und auch für Ziegel verwendet (PICON/VERNHET 2008, 560).

³² Anders SCHAAD 2007a, 203 ohne gute Begründung. – Vgl. oben unsere Anm. 3.

³³ SCHAAD 2007a, 204 mit Grundriss Fig. 315. Vgl. S. MAUNÉ ET AL., Nouvelles données sur les productions céramiques de l'atelier de Dourbie à Aspiran (Hérault) (première moitié du Ier siècle apr. J.-C.). S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Pézenas 2006 (Marseille 2006) 157–188.

³⁴ TERRISSE 1972, 133–136 mit Fig. 46–47. Die restlichen der dort im Foto und den Zeichnungen sichtbaren 3 bzw. 7 Röhren wurden offenbar nur zu Demonstrationszwecken nachträglich aufgestellt.

³⁵ PARET 1932, 133–135 mit Abb. 85 (Grundrissen und Schnitten). – Dagegen fällt bei einer im Gebiet der Schwäbischen Sigillata-Manufaktur **Waiblingen** ausgegrabenen Gruppe von 5 Öfen der vermutlich runde Ofen 1 durch einen extrem langen Schürkanal und mindestens 3 Querkanäle im Ofeninneren auf. Er könnte ein Sigillata-Ofen sein. – In der neu lokalisierten Schwäbischen Sigillata-Manufaktur **Nürtingen** konnte 2003/2005 in einer Notbergung ein Brennofen teilweise aufgenommen werden. Er hatte offenbar *rechteckige* Grundform. Länge und wohl auch Breite der Brennkammer innen: 2,70 m. 6 Querzüge. Ein Ringkanal ist fraglich. Auch hier spricht vieles, wie etwa die große Zahl von Formschüsseln im unmittelbaren Umfeld, für einen Sigillata-Brennofen. (Publikation von E. BECK/ M. LUIK in Vorbereitung.)

³⁶ Freundl. Hinweis M. Luik, Köngen.

³⁷ SCHAAD 2007a, 225 mit älterer Lit. u. Foto Fig. 343. Experimente mit einem Nachbau des Ofens erreichten nur 950° in der Brennkammer.

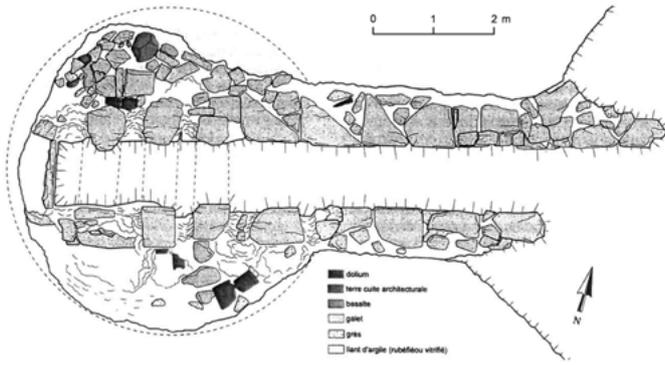


Abb. 17. Aspiran, Ofen 6. Grundriß.

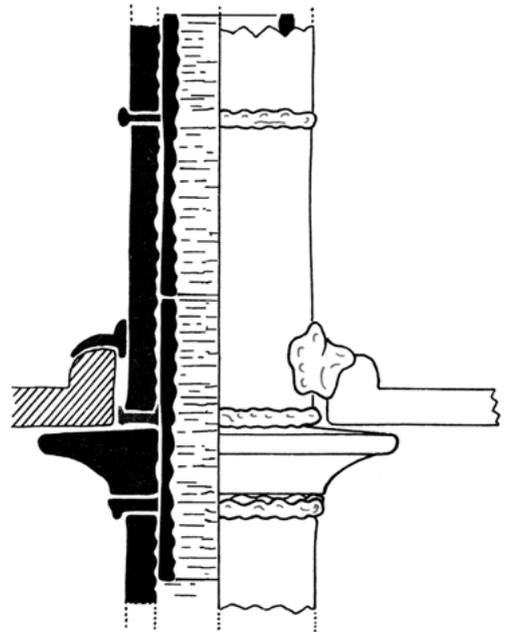


Abb. 18. Rohrleitungen und Ziegelauflagen nach Vernhet (mit Ergänzung der inneren Rohre).

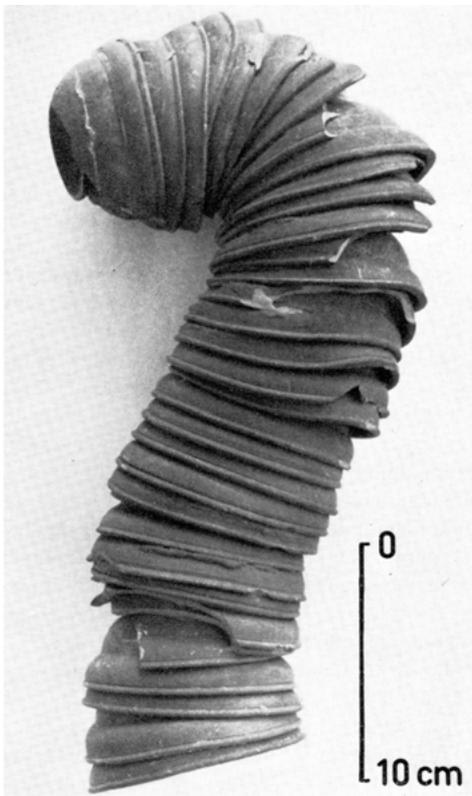


Abb. 19. La Graufesenque. Stapel fehlgebrannter Schälchen Drag. 27.

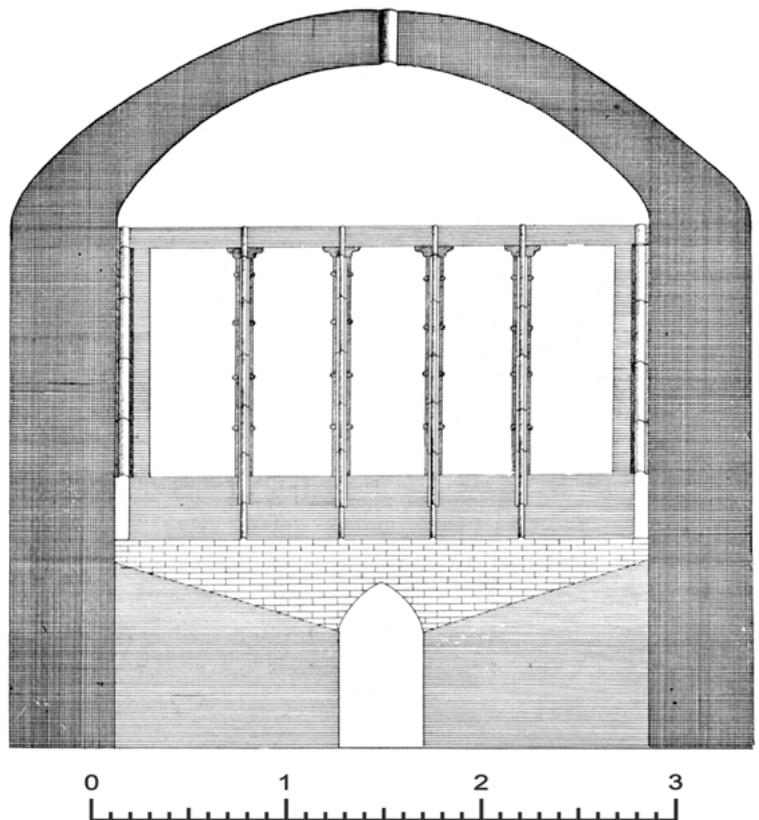


Abb. 20. Eschweiler Hof. Querschnitt. Rekonstruktion SPRATER 1927.

nauere Eingrenzung fällt schwer³⁸. Für Aspiran wollen die Ausgräber die Sigillataproduktion dieser Werkstatt wohl noch in die erste Hälfte des Jahrhunderts setzen. In Montans wurde in der Umgebung des Ofens gefundenes Material mit ernerisch datierbaren Formschüsseln, aber auch Ofeneinbauten (Tournettes usw.) und Ofenhilfsbesatz diesem zugeordnet. Für La Graufesenque geben M. Genin und D. Schaad für das den Ofen umgebende Mauerviereck auf Grund von Funden in den Mauern einen *terminus post* von 70 n. Chr. Damit bleibt allerdings noch offen, wie lange danach der Ofen gebaut wurde³⁹. Einen interessanten Aspekt hat A. Desbat mit der Untersuchung der Röhren aus dem Fundgut der Öfen von Lezoux herausgearbeitet. Er stellte fest, dass im 1. Jh. n. Chr. nur eine einzige Röhrengroße mit Einziehung an einem Ende existierte und erst im 2. Jh. Röhren von zwei Größen aufkommen, die ineinander zu stecken waren⁴⁰.

Rekonstruktion der Brennkammer („laboratoire“) der „fours à tubulures“

Wie aus dem Überblick deutlich wurde, ist zwar der äußere Röhrenkranz an der Ofeninnenwand mit zugehörigem Ringkanal im Unterbau durch etliche Befunde gut gesichert. Wir gewinnen in den Grabungsbefunden *selbst* aber nirgendwo *sichere* Anhaltspunkte für die Fragen der *Rekonstruktion des Inneren der Ofen-Brennkammer*: Wie wurde die Heißluft durch den Brennraum geleitet? Gab es Etagen für das Einstellen und Stapeln des Brennguts, der Gefäße? Außerdem: Wie war der Ofen nach oben abgeschlossen?

Einen einzigen direkten Hinweis geben, wie wir sahen, die Röhren, die noch in situ in den Löchern der Brennplatte oder dem äußeren Röhrenkranz angetroffen wurden.

Typisch für das **Fundgut** jeder Ausgrabung in einer Sigillata-Manufaktur ist – neben den *Gefäß-Fehlbränden* und *Formschüsseln* – eine Vielzahl von tönernen Werkstücken⁴¹, die mit den Öfen zu tun haben müssen⁴². Einfach zu interpretieren sind die *Röhrenständer* und *Tonbatzen* mit Abdrücken von Gefäßböden oder Standringen sowie kleine *Tonlappen*. Es handelt sich um Podeste und Abstandshalter zum Einlagern und Stapeln der Gefäße im Ofen, also um sog. Ofenhilfsbesatz.

In großer Zahl finden sich *Tonstücke mit Abdrücken von Röhren und Ziegeln* und weitere Werkstücke, deren Interpretation nicht immer leicht ist; immer wieder auch *Tonrohre zwei verschiedener Größen*. Ihre Länge wechselt nach Fundorten zwischen etwa 20 und 30 cm, aber die Dicke liegt normalerweise bei 12–13 cm für die dicken und 8–9 cm für die dünnen Röhren. Die lichte Weite der dicken Röhren ist etwa 9–10 cm, so dass die dünnen Röhren in die dicken hineinpassen. Und zwar nicht nur theoretisch: Manchmal steckten bei der Auffindung diese Röhren tatsächlich noch ineinander⁴³.

Weitere typische Fundstücke sind die sog. *Tournettes*, große profilierte Tonscheiben von 20–28 cm Außen-Dm. und mit einem runden Loch in der Mitte. Die kleinen Röhren passen durch dieses Loch, die großen liegen genau auf den Mittelprofilen auf.

R. Forrer hatte bei der Vorlage der Öfen von Heiligenberg die Tournettes noch für Basen der Röhrensäulen im Ofeninneren gehalten. Fr. Sprater und M. R. Hull interpretierten sie in ihren Rekonstruktionen der Öfen von Eschweiler Hof (**Abb. 20**) und Colchester nur als Auflager für Tegulae, die den oberen Abschluss des Systems der eingestellten Röhren bilden sollten⁴⁴.

Erst A. Vernhet hat für seine Rekonstruktion des großen Ofens von La Graufesenque nach eingehender Prüfung des entsprechenden Fundguts erstmals unter Verwendung der Tournettes als Auflager für Tegulae eine *Etagenbildung* zum Einstellen des Brenngutes wahrscheinlich machen können⁴⁵ (**Abb. 18**).

Da seitlich zur Ofenwandung hin noch große Restbereiche geblieben wären, hat man vielleicht in die Wandung auch noch Teilstücke von Tournettes als Tegula-Auflager eingearbeitet.

Die *Höhe der Etagen* hängt dann ab von der Länge der großen Röhren und ob pro Etage zwei Röhren übereinander gesetzt wurden. Aus La Graufesenque gibt es einen guten Anhaltspunkt durch den Fund eines Stapels von Schälchen Dragendorff 27, die infolge Fehlbrands zusammengebacken waren (**Abb. 19**). Der Stapel hatte ursprünglich eine Höhe von 40 cm. Da Vernhet in La Graufesenque anscheinend nur sehr kurze Röhren fand – er bildet eine von 19 cm Länge ab –, setzt er in seiner Rekonstruktion zwei Röhren übereinander und kommt einschließlich Tournette auf eine Etagenhöhe von 44 cm⁴⁶.

³⁸ Grundsätzlich sind für die Datierung des Baus und der Betriebsdauer eines Ofens wichtig: im Ofen selbst verbautes Fundmaterial oder Abgrenzung durch datierbare Befunde, die der Ofen überschneidet oder die diesen überlagern. Dieser Idealfall wird aber kaum jemals erreicht. Bei einer Verfüllung des Ofens könnte das jüngste (!) Fundmaterial einen Terminus ante für die Benutzungszeit des Ofens liefern.

³⁹ SCHAAD 2007, 199. Voraussetzung ist, dass die Mauern vor dem Ofen oder gleichzeitig mit ihm errichtet wurden. Hier gibt es aber im Befund Ungereimtheiten: Die nordöstliche Mauer 238 stößt an den Schürkanal an (müsste nach Schaad die jüngere Phase des Schürkanals sein, wenn überhaupt 2 Phasen). Die kürzere Mauer im SW (242) reicht nicht ganz bis an den Schürkanal heran, sondern weist eine Lücke auf (nur bis Schürkanal Phase 1?). Möglich wäre auch, dass das Mauergerüst um den schon bestehenden Ofen herumgebaut wurde.

⁴⁰ DESBAT 1993.

⁴¹ Vgl. z.B. FORRER 1911, 67 ff. mit Fig. 37–44 u. Taf. 8–12. – KNORR/SPRATER 1927 Taf. 103–104. – CHENET 1941, Taf. 3–4 u. Fig. 43–44. – CHENET/ GAUDRON 1955, 84 ff. mit Fig. 39–45. – HULL 1963, 28 ff. mit Fig. 14. Speziell zu den Röhren vgl. auch DESBAT (Anm. 40).

⁴² Zur Problematik des Heranziehens von Abfallhaldden aus der Umgebung von Öfen vgl. die gegensätzlichen Meinungen von A. Vernhet (PICON/VERNHET 2008, 556 u. passim) und D. Schaad (SCHAAD 2007a, 203).

⁴³ Eschweiler Hof: KNORR/SPRATER 1927, 112 f. Taf. 103,3. – Blickweiler: ebd. 113. – LEZOUX: DESBAT 1993, 365 mit Fig. 5. – Rheinzabern: Terra-Sigillata-Museum (aus Grabungen ab 1978).

⁴⁴ FORRER 1911, 74 Fig. 39. – KNORR/SPRATER 1927, 112 Textbild 40. – Colchester, Ofen 21: HULL 1963, 21 Fig. 12 (Grundriss); 23 Fig. 13 (Schnitt-Rekonstruktion).

⁴⁵ VERNHET 1981, 35 ff. mit Fig. 9 („Accessoires“) und 10 (Rekonstruktion).

⁴⁶ Die Rheinzaberner Röhren waren meist 30–35 cm lang (es gab auch kurze Rohre), die Tournettes 5,5–7 cm hoch. Bei nur einer Röhre pro Etage ergäbe sich incl. Abdichtmaterial eine Etagenhöhe von max. etwa 42 cm. – In der Länge intakte Innenrohre fanden sich in Rheinzabern sehr selten. Eines war 22 cm lang.

Für die Röhren mit den zwei Größen bleibt festzuhalten: Sie hatten *zwei Funktionen*:

- ein dem Muffelbrand vergleichbares System zu ermöglichen, also die Durchleitung der Heißluft durch den Brennraum ohne direkten Kontakt der Gase mit dem Brenngut und damit ohne Gefahr der Verschmutzung der Oberflächen durch Asche- oder Russpartikel;
- die Möglichkeit der Etagenbildung und somit der Stapel- einlagerung des Brenngutes auch in derart große Öfen. Die jeweils versetzt in die großen Röhren und die Tournettes eingebrachten kleineren Röhren erhöhten dabei die Stabilität des Regalsystems erheblich.

Die *seitlichen Abstände der Röhrenkamme* korrespondieren mit den Löchern in der Brennplatte. Sie sind durch normale größere Tegulae gut zu überbrücken. Forrer nahm noch zusätzlich dazwischen eingestellte reine „Tragsäulen“ ohne Heißluftdurchleitung an, die nach oben gegen die Decke durch Tonscheiben abgeschlossen werden. Diese angeblichen Tragsäulen bleiben aber sehr zweifelhaft⁴⁷.

Den oberen Abschluss der Röhren bildeten kleine laterenförmige Tonaufsätze als Abzüge oder aber pilzförmige tönerner Stöpsel. Sie ermöglichten die Regulierung des Zuges und damit der Brenn-Temperatur im Ofen⁴⁸.

Über die *Höhe des gesamten Brennraums* der Öfen lassen sich nur Vermutungen anstellen. Sie ist sicher abhängig von der Flächenausdehnung des Ofens, der Heizbarkeit des Gesamtvolumens in ausreichender Hitze, der großen Menge des Brenngutes sowie vom Aufwand beim Beschicken bzw. Ausräumen des Ofens⁴⁹.

Die *obere Abdeckung des Ofens* dachte sich Sprater für Eschweiler Hof (**Abb. 20**) noch als *Kuppel* mit einer einzigen Mittelöffnung als Abzug. Es sei nicht anzunehmen, dass die Hitze durch so viele Rohre ins Freie geleitet würde. Den Raum für das Brenngut wollte er in Anlehnung an Forrer mit einer festen Decke abgeschlossen sehen, durch die die Rohr-Enden herausragten und bei Bedarf für die Zugregulierung verschlossen werden konnten⁵⁰. Wie das allerdings *innerhalb* des Kuppelraums hätte passieren sollen, ist uns nicht klar. Hull kommt für Colchester zu einer Lösung als Schachtofen mit flacher Decke, die nur aus einer einfachen Ziegelplattenlage besteht. Die Hitze im Ofen würde so aber relativ stark nach oben abstrahlen.

Etwas anders Vernhet in seiner Rekonstruktion des Ofens von La Graufesenque (**Abb. 21**): Hier ist der Schacht oben mit mehreren Ziegellagen abgedeckt. Da er die Rohre jedoch schon unterhalb enden lässt und nur teilweise mit Rauchabzügen versieht, müssen die Ziegelplatten darüber offen bleiben, also nicht mit Ton verstrichen sein. Eine Möglichkeit zur Regulierung des Zuges bestünde hier nicht. Durch die lockere Abdeckung ergäbe sich außerdem auch ein deutlich höherer Wärmeverlust nach oben als bei einem dickeren Tonverstrich über den obersten, auf Tournettes ruhenden Ziegelplatten.

Im Jahre 2009 legte E. Kern eine sehr schöne, neue Rekonstruktion des Ofens 2 von Heiligenberg (Dinsheim) vor⁵¹, die eine in sich schlüssige Weiterentwicklung des Vernhet'schen Etagenmodells darstellt (**Abb. 22**). Er hat hierbei konsequent vorhandenes Fundgut berücksichtigt, so z.B. die gebrannten Tonlappen mit Gefäßabdrücken, die er

für die Abdeckung der obersten Gefäßstapel einsetzt, ebenso eine durch Überhitzung verzogene Tegula, die offenbar als Etagenboden diente⁵².

Die Rekonstruktion des Aufgehenden über der Brennplatte für Rheinzabern, Ofen 6

Für den einen der Rheinzaberner Öfen (Nr. 6), der in einem Schutzbau konserviert ist, haben wir in den vergangenen Jahren eine zeichnerische Rekonstruktion erarbeitet (**Abb. 23**):

Die Gesamthöhe der Außenwand des Ofens oberhalb der Brennplatte nehmen wir mit ca. 2,70 m an. Wir haben uns dabei an zwei Überlegungen orientiert: Die sehr aufwendige Konstruktion des Ofens und der hohe Verbrauch an Brennmaterial müssen in vernünftigem Verhältnis zur Menge des Brenngutes stehen. Zum anderen haben bisherige Brennversuche, z.B. von J. Weiss, gezeigt, dass erst ein höherer Ofen mit längeren Röhren durch seinen besseren Zug die erforderliche Brenntemperatur erreichte⁵³. Die Ideallänge könnte etwa ein Verhältnis 1:1 zum Brennplatten-Dm. sein⁵⁴.

Aus der Vernhet'schen Rekonstruktion haben wir die Etagen-Einteilung der Brennkammer mit Hilfe von Tournettes und aufgelegten Tegulae übernommen. Orientiert man sich an der von Vernhet für La Graufesenque erarbeiteten Etagenhöhe von 44 cm und der für Rheinzabern wegen der längeren Röhren veranschlagten Etagenhöhe von max. 42 cm⁵⁵, so ergeben sich bei unserem Ofen 6 Etagen.

⁴⁷ FORRER 1911, 73. – Exemplare solcher Tonscheiben mit einseitigem Röhrenabdruck gab es tatsächlich im Fundgut von Heiligenberg, in Einzelfällen noch mit den Röhren verbacken. Von der Statik her sind die Tragsäulen nicht notwendig. Forrer ging aber auch nicht von Etagen durch zwischengelagerte Tournettes und Ziegel aus. Tragröhren wären bei einer Neubeschickung des Ofens auch sehr hinderlich. Jedes Mal diese Zwischenrohre ab- und wieder aufzubauen, wäre ein erheblicher zusätzlicher Aufwand gewesen. Vgl. aber ähnliche Überlegungen für zusätzliche Einbauten bei R. Sölch für Schwabegg (s.o. Anm. 10).

⁴⁸ z.B. KNORR/SPRATER 1927 Taf. 103,9. – CHENET 1941 Taf. 3,10. – FORRER 1911, 76 f. u. Taf. 8,1–2. – VERNHET 1981, 36 Fig. 9,4-5. – Stöpsel: u.a. im Museum Rheinzabern.

⁴⁹ Vgl. hierzu unten die Bemerkungen zur Höhe des rekonstruierten Rheinzaberner Ofens. Die Annahme Schaads von nur 1 m Höhe für den Ofen von La Graufesenque (SCHAAD 2007a, 201 Fig. 311; DERS. 2007b, 180 Fig. 3) erscheint verfehlt. Schaad ist inzwischen von dieser Annahme abgerückt (mündl. Mitt.). Er habe sich damals auf die Aussage Picon's verlassen, bei größerer Höhe sei die erforderliche Brenntemperatur nicht erreichbar. Vgl. dagegen J. WEISS 2002, 12.

⁵⁰ Vgl. Anm. 47. – KNORR/SPRATER 1927, 113 mit Hinweis auf Taf. 13,6–7.

⁵¹ KERN 2009, 40 (= Grafik)–43.

⁵² Abbildungen bei KERN 2009, 42 und 48 rechts. Allerdings vermisst man bei Kern die inneren Tonrohre, obwohl sich solche dünnen Rohre von 8,5–10 cm Außen-Dm. in größerer Zahl bei den alten Grabungen fanden (vgl. FORRER 1911, 71 u. Taf. 8,10).

⁵³ WEISS 2002, 12 f.

⁵⁴ Vgl. etwa B. LEACH, Das Töpferhandbuch (Bonn 1971) 257.

⁵⁵ Vgl. vorn Anm. 46.

Das System der ineinander steckenden Röhren oberhalb der Löcher in der Brennplatte möchten wir auf alle Röhren und zwar in ganzer Höhe des Ofens angewendet wissen, weil wir dies als einen wichtigen Faktor für die Stabilität des Regalsystems im Ofeninneren ansehen⁵⁶.

Den oberen Abschluss denken wir uns mit einer flachen, aber relativ massiven Packung aus Ziegeln und Tonverstrich, durch den die Rohr-Enden oben herausragten, um so mit Hilfe von laternenförmigen Aufsätzen oder Tonstöpseln die Regulierung des Rauchabzugs und die Steuerung der Brenntemperatur zu ermöglichen.

Verschiedene Fragen bleiben für uns ungeklärt, z.B. wie der Ofen mit dem Brenngut beschickt wurde: Nur von der Seite durch eine vor dem Brand wieder geschlossene Öffnung in der Ofenwand? Was geschah mit dem Röhrenmantel im Bereich der Öffnung? – Oder bzw. gleichzeitig von oben? Das Beladen der höheren Etagen erscheint uns hier besonders schwierig. Und reicht der Sauerstoffgehalt in der abgeschlossenen Brennkammer für einen konstanten oxydierenden Brand aus?⁵⁷

Wir sind deshalb sehr gespannt auf die praktischen Erfahrungen, die wir in Rheinzabern bei dem für 2010 geplanten Bau und dem anschließenden Brennen eines im Langzeitversuch zu betreibenden Ofens im Maßstab 1:1 auf der Basis unserer hier vorgelegten Rekonstruktion gewinnen werden⁵⁸.

⁵⁶ VERNHET hatte doppelte Röhrenkammine nur bei den Röhren direkt über dem Hauptkanal über vier Etagen und bei je einer Röhre seitlich nur an der untersten Etage angenommen. Für ihn hatten sie, nicht nachvollziehbar, den Zweck, mit Hilfe der somit stärkeren Röhrenwandung die im Mittelbereich des Ofens höhere Temperatur auszugleichen (VERNHET 1981, 41). Das Argument der besseren Statik erwägt er nicht.

⁵⁷ Nach Aussage von A. Weigel (Schnorr-Keramik Rheinzabern), die seit langem in größerem Umfang Sigillata-Kopien in geschlossenen elektrischen Öfen brennt, war nach ihren Erfahrungen nie zusätzliche Sauerstoffzufuhr notwendig. Vielmehr müsste ein reduzierender Brand bewusst herbeigeführt werden. Vgl. dazu auch WEISS 2002, 13.

⁵⁸ Nach Mitteilung von D. Schaad ist auch in Montans der Bau eines Sigillata-Brennofens im Maßstab 1:1 geplant. – Für die bisherigen Experimente mit Sigillatabrand wurden immer wesentlich kleiner dimensionierte Öfen gebaut, bei denen das Beschicken viel einfacher war: z. B. Winter in Rauenthal (WINTER 1978, 32): Dm. der Brennplatte und H. der Brennkammer je 1,20 m; Weiss in Aegst (WEISS 2002, 13 Abb. 22): je 0,80 m. Ähnlich sein geplanter TS-Ofen (ebd. 14 Abb. 26: Dm. 1,10 m, H. 1 m). Dort übernimmt er auch Vernhets Etagen. – Winter und Weiss benutzen einen seitlichen Einstieg in die Brennkammer (bei Winter 80 cm über Brennplatte), ebenso R. Van Zijll de Jong, Nijmegen, bei seinem Versuchsofen in Velzeke, Belgien (Dm. Brennplatte 0,75 m, H. 0,60 m). – De Casas, J. u. M. Fernandes in La Graufesenque/Millau (DE CASAS 2007, 227): Dm. 0,90 m, H. 0,70 m. – Sehr gute, grundsätzliche Beobachtungen für die Durchführung des Brandes von TS: WINTER 1978, 50 f. – Winter und De Casas/Fernandes bauten Schachtöfen, Weiss und Van Zijll de Jong dagegen Kuppelöfen mit einem Kamin als Rauchabzug.

Bibliographie

- Atti Pisa 2005 S. MENCHELLI/ M. PASQUINUCCI (Hrsg.), Territorio e produzioni ceramiche. Atti del Convegno Internat. Pisa 20–22 ottobre 2005. Instrumenta 2 (Pisa 2006).
- BERNHARD 1981 H. BERNHARD, Untersuchungen im frühromischen Rheinzabern. Arch. Korrb. 11, 1981, 127–137.
- CHENET 1941 G. CHENET, La céramique gallo-romaine d'Argonne du IV^e siècle (Macon 1941).
- CHENET/ GAUDRON 1955 G. CHENET/G. GAUDRON, La céramique sigillée d'Argonne des II^e et III^e siècles. Gallia Suppl. 6 (Paris 1955).
- CUOMO DI CAPRIO 2007 N. CUOMO DI CAPRIO, Ceramica in archeologia 2. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi indagine² (Rom 2007).
- DE CASAS 2007 C. DE CASAS, J. u. M. FERNANDES, Un cycle de cuissons de céramique sigillée à La Graufesenque. In: SCHAAD 2007a, 226–237.
- DESBAT 1993 A. DESBAT, Observations sur des fours à tubulaires des I^{er} et II^e siècles à Lezoux. S.F.É.C.A.G. Actes Congrès Versailles (Marseille 1993) 361–370.
- FORRER 1911 R. FORRER, Die römischen Terrasigillata-Töpfereien von Heiligenberg-Dinsheim und Ittenweiler im Elsass (Stuttgart 1911).
- HULD-ZETSCHKE 1972 I. HULD-ZETSCHKE, Trierer Reliefsigillata. Werkstatt I. Mat. Röm.-Germ. Keramik 9 (Bonn 1972).
- HULL 1963 M. R. HULL, The Roman Potters' Kilns of Colchester. Rep. Research Comm. Soc. Antiqu. London 21 (Oxford 1963).
- KERN 2009 E. KERN in: E. Kern/G. Oswald/L. Pasteur (Hrsg.), De Terra Sigillata. Histoire de la céramique sigillée et des potiers gallo-romains de Dinsheim-Heiligenberg. Collection «Histoire & Patrimoine» 2. Soc. Hist. et Arch. Molsheim et environs (2009).
- KNORR/SPRATER 1927 R. KNORR/F. SPRATER, Die westfälischen Sigillata-Töpfereien von Blickweiler und Eschweiler Hof (Speyer 1927).
- LUDOWICI 1905 W. LUDOWICI, Stempel-Bilder Römischer Töpfer aus meinen Ausgrabungen in Rheinzabern 1901–1905 (1905) [= Katalog II].
- PARET 1932 O. PARET, Die Römer in Württemberg. III. Die Siedlungen (Stuttgart 1932).
- PICON/VERNHET 2008 M. PICON/A. VERNHET, Les très grands fours à sigillées en Gaule, et notamment à La Graufesenque: observations techniques. S.F.É.C.A.G. Actes Congrès L'Escala-Empuries (Marseille 2008) 553–556.
- RAU 1977 H. G. RAU, Die römische Töpferei in Rheinzabern. Mitt. Hist. Ver. Pfalz 75, 1977, 47–73.

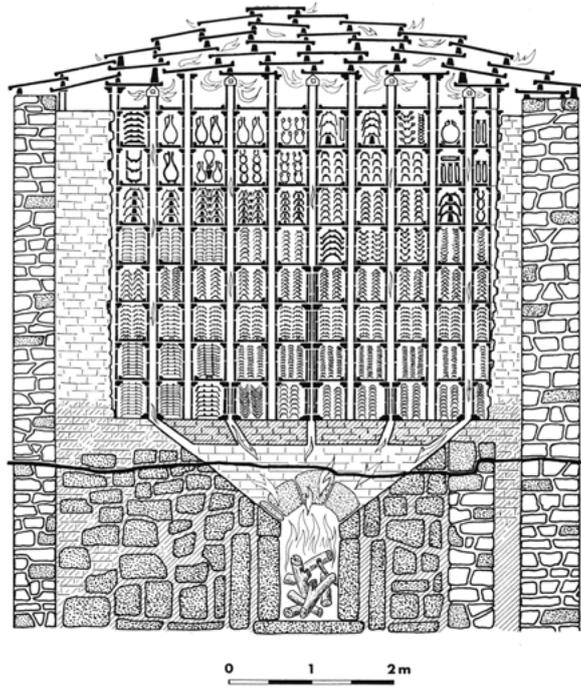


Abb. 21. La Graufesenque. Der „große Ofen“. Querschnitt. Rekonstruktion VERNHET 1981.

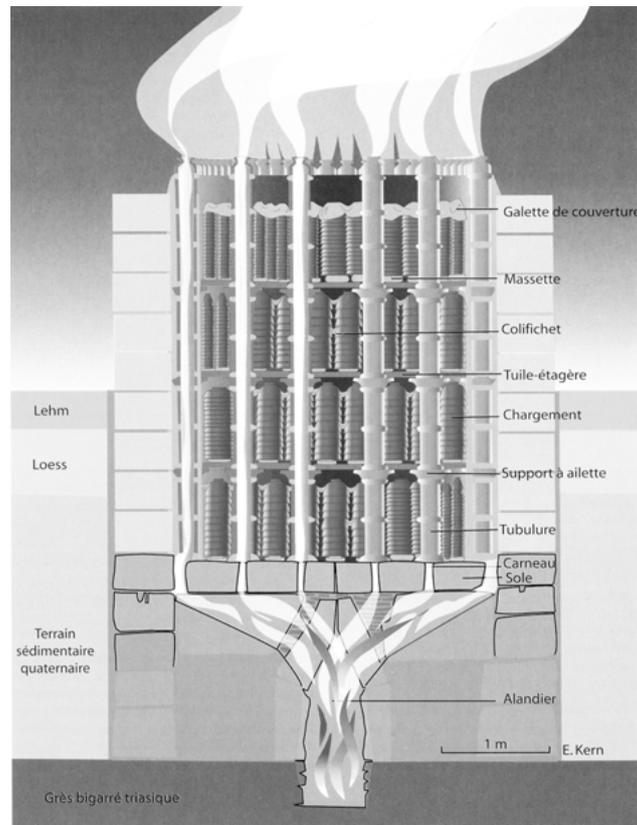


Abb. 22. Heiligenberg. Ofen 2. Rekonstruktion KERN 2009.

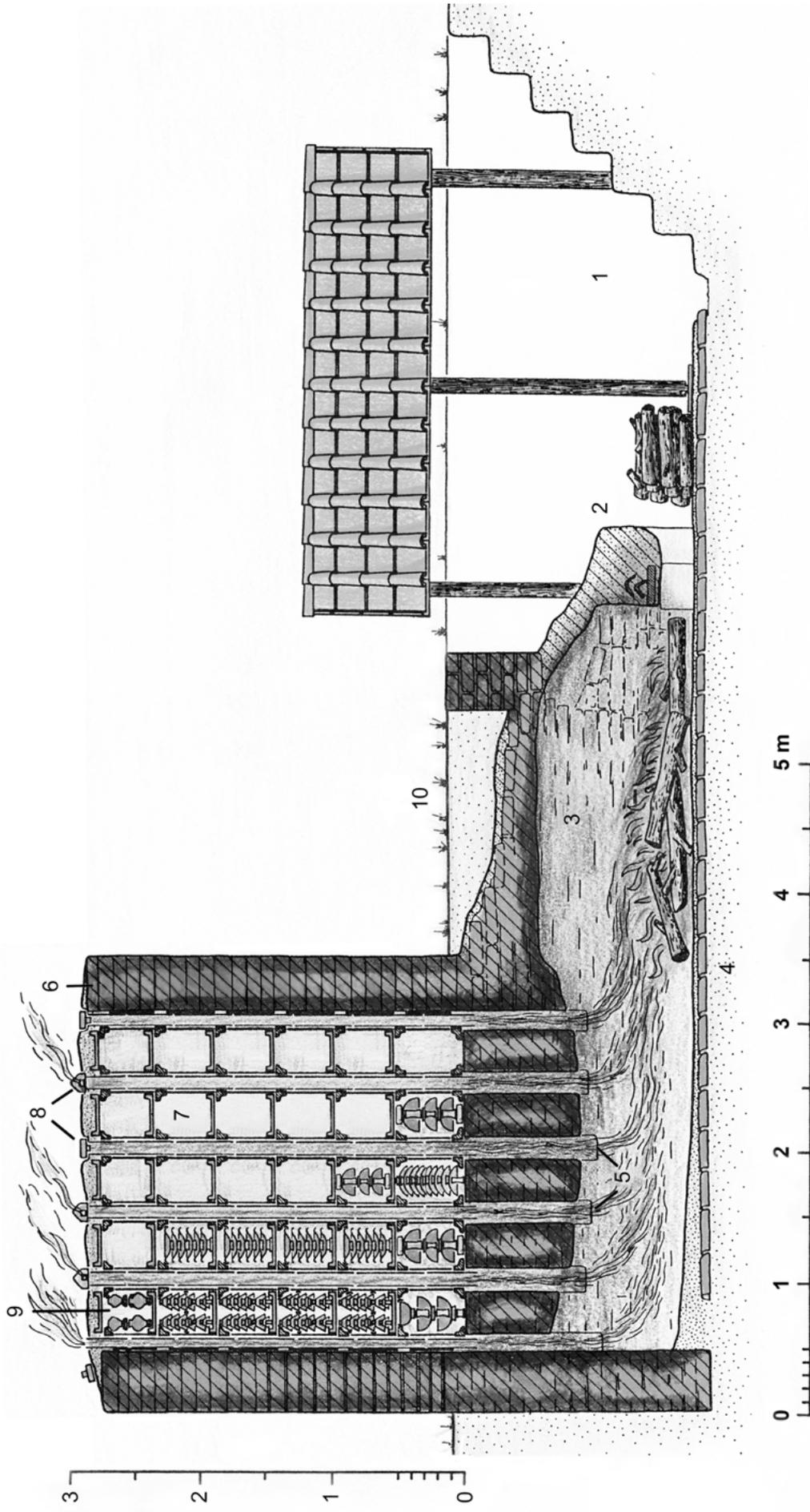


Abb. 23. Rheinzabern, Ofen 6. Längsschnitt. Rekonstruktion REUTTI/SCHULZ 2009. **1** überdachte Bedienungsgrube für den Heizer; **2** Schürkanalmund zum Beschicken der Holzfeuerung; **3** Schür- und Hauptheizkanal; **4** Tonrohrleitung (Drainage); **5** Querzüge, Heizgasverteiler; **6** Ofen-Außenwand; **7** Brennchamber; **8** gemauerte Rohrleitungen zur Durchleitung und Abschirmung der Holzgase; **9** aufgestapeltes Terra-Sigillata-Geschirr; **10** antike Oberfläche.

- REUTTI 1983 F. REUTTI, Tonverarbeitende Industrie im römischen Rheinzabern. Vorbericht für die Grabungen der Jahre 1978-1981. *Germania* 61, 1983, 33–69.
- SCHAAD 2007 a D. SCHAAD (ed.), *Condatomagos: une agglomération de confluent en territoire rutène IIe s. a.C. La Graufesenque (Millau, Aveyron)* 1. Ed. Fédération Aquitania 1 (Santander 2007) 190–206 (Le grand four); 219–225 (Les fours à tubulures).
- SCHAAD 2007 b D. SCHAAD, Le „grand four“ de La Graufesenque et un four à sigillées de Montans: étude comparative. *Aquitania* 23, 2007, 171–183.
- SÖLCH 1999 R. SÖLCH, Die Terra-Sigillata-Manufaktur von Schwabmünchen-Schwabegg (Kallmünz/Opf. 1999).
- TERRISSE 1972 J.-R. TERRISSE, Les céramiques sigillées gallo-romaines de Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). *Gallia Suppl.* 19 (Paris 1972).
- VERNHET 1981 A. VERNHET, Un four de La Graufesenque (Aveyron): La cuisson des vases sigillées. *Gallia* 39, 1981, 25–43.
- WEISS 2002 J. WEISS, Experimente zur Herstellung von Terra Sigillata und anderer römischer Keramik. *Arch. Schweiz* 25, 2002 H. 3, 2–15.
- WINTER 1978 A. WINTER, Die antike Glanztonkeramik (Mainz 1978).
- WINTER 2003 M. THOMAS/B. A. GREINER (Hrsg.), *Hiems fecit. Praktische Untersuchungen zur antiken Keramik.* Festschr. z. 100. Geburtstag v. Adam Winter (Remshalden 2003).

Abbildungsnachweise

Abb. 1: Kartierung F. Reutti; Kartengrundlage GDKE Speyer. – Abb. 2,1: LUDOWICI 1905, 151 Fig. 7. – Abb. 2,2–12: Grabungsunterlagen GDKE Speyer. Zusammenstellung: F. Reutti. – Abb. 3: Grabungsunterlagen GDKE Speyer, vgl. REUTTI 1983, 47 Abb. 8. – Abb. 4: Foto F. Reutti. – Abb. 5: Grafik F. Reutti. – Abb. 6: Grabungsunterlagen GDKE Speyer. – Abb. 7: Foto GDKE Speyer. – Abb. 8: FORRER 1911, 31 Fig. 8; 33 Fig. 10; KERN 2009, 37 (Ausschnitte, nachbearbeitet). – Abb. 9: KERN 2009, 39. – Abb. 10: KNORR/SPRATER 1927, Taf. 102 (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 11: HULD-ZETSCHKE 1972 Beil. 1 Ausschnitt (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 12: SCHAAD 2007a, 224 Fig. 340 nach S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Mandeuze (Marseille 1990) 69 Fig. 1 Ausschnitt (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 13: S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Saint-Romain-en-Gal (Marseille 2003) 440 Fig. 12 (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 14: SCHAAD 2007b, 183 Fig. 6 (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 15: SCHAAD 2007b, 181 Fig. 4 (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 16: VERNHET, *Gallia* 38, 1980, 2, 467; SCHAAD 2007a, 195 Fig. 296 (überarbeitet F. Reutti). – Abb. 17: SCHAAD 2007a, 204 Fig. 315 nach S.F.E.C.A.G. Actes Congrès Pézenas (Marseille 2006) 161 Fig. 9 (Originalscan D. Schaad). – Abb. 18: VERNHET 1981, 36 Fig. 9, I mit Ergänzung durch R. Schulz. – Abb. 19: VERNHET 1981, 40 Fig. 11. – Abb. 20: KNORR/SPRATER 1927, Textbild 40. – Abb. 21: VERNHET 1981, 38 Fig. 10. – Abb. 22: KERN 2009, 40. – Abb. 23: Zeichnung GDKE Speyer u. F. Reutti nach Entwurf F. Reutti.

