Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte

Band: 65 (1982)

Artikel: Les ateliers de céramique gallo-romaine de Lousanna (Lausanne-Vidy VD) : analyses archéologiques, minéralogiques et chimiques

Autor: Kaenel, Gilbert / Paunier, Daniel / Maggetti, Marino

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-116530

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Gilbert Kaenel, Daniel Paunier, Marino Maggetti et Giulio Galetti

Les ateliers de céramique gallo-romaine de Lousonna (Lausanne-Vidy VD): analyses archéologiques, minéralogiques et chimiques *

I. Analyse archéologique par G. Kaenel et D. Paunier (p. 93–109).

II. Die Referenzgruppe(n) *LOUSONNA* – mineralogische und chemische Untersuchungen der keramischen Produktion der Töpferwerkstätten Berna, Sektor 25 und Sektor 23 – par M. Maggetti et G. Galetti (p. 109–132).

I. Analyse archéologique

1. Historique et nature des découvertes

Au cours des fouilles effectuées depuis 1934 dans le vicus gallo-romain de Lousonna, les témoignages de l'activité de potiers se sont multipliés. Malheureusement, les vestiges d'ateliers, de fours ou de dépotoirs restent mal connus. Les conditions de travail propres aux interventions d'urgence, le caractère à la fois fortuit et fugace de la plupart des observations, comme l'absence presque totale de documentation, interdisent toute exploitation archéologique sérieuse des structures; seul le mobilier recueilli patiemment au cours des ans représente une source d'information à peu près sûre[1]. L'un des ateliers, celui de la Péniche, a fait l'objet d'une récente monographie où sont publiées les premières analyses minéralogiques et chimiques des pâtes[2]. Six autres ensembles attestant la fabrication de céramique ont été identifiés: l'*atelier Berna*, au nord du secteur 14, l'*atelier du secteur 25* (case R), appelé naguère «Q 49», l'*atelier du secteur 23* (case J), connu aussi sous l'ancienne dénomination «Fours Malherbe», l'*atelier de la Rotonde*, au nord du secteur 27, l'*atelier du Stade*, au sud du secteur 27 et l'*atelier du Forum*, dans le secteur 7, désigné dans les inventaires par le sigle OF 75 (Ouest Forum, 1975). Il faut encore rappeler la présence à Lousonna de fragments de moules et de poinçons, récemment publiés[3] et la mise au jour d'un dépôt de marchand de poterie, dans la case B du secteur 25, précieux témoin de la distribution des produits finis à l'intérieur même du vicus au moment de son abandon (fig. 1)[4].

* Publié avec l'appui financier de l'*Association pro Lousonna*.

L'atelier Berna

Ni l'ampleur, ni la nature exacte de cet atelier ne sont connus. Les circonstances désastreuses de sa découverte en 1959, à l'occasion de la construction d'un garage à la route de Chavannes 9, ont été rappelées récemment[5]: quelques ratés de cuisson sauvés in extremis des couches romaines intégralement évacuées au trax, sans aucune intervention archéologique, constituent les seuls et rares témoins d'une industrie céramique en ces lieux[6].

L'atelier du secteur 25

Lors des fouilles préalables à la construction de l'autoroute Lausanne–Genève en 1960/61, seules les superstructures des bâtiments correspondant à la dernière phase d'occupation avaient été dégagées, à l'exclusion des niveaux antérieurs sous-jacents[7]. En 1962, la pose d'une canalisation en profondeur permettait de récolter le long du double mur de la case R de nombreux ratés de cuisson associés à un ensemble de céramiques très homogènes, témoins d'une production à la fois riche et variée[8]. La zone artisanale pourrait s'étendre vers l'est du secteur où des vestiges identiques ont été recueillis la même année sur des déblais, à l'occasion de l'installation d'une canalisation reliée à la station d'épuration des eaux de Lausanne (canal «STEP»)[9].

L'atelier du secteur 23

Mis au jour en 1961 lors des fouilles entreprises sur le tracé de l'autoroute, cet atelier, qui regroupe dans la case J deux fours circulaires à pilettes et un puits (fig. 2, 3), a déjà fait l'objet de plusieurs mentions[10]. Les documents de fouilles originaux n'apportent guère de renseignements sur la position stratigraphique des structures, le mode de construction des fours, l'emplacement exact du mobilier, qui comprend de nombreux ratés de cuisson, le matériel associé, les conditions de prélèvement. Une étude spécifique devrait reprendre l'ensemble de la question[11].

Les autres ateliers

Nous ne ferons que mentionner ici trois autres ateliers, encore mal connus, dont seuls quelques ra-

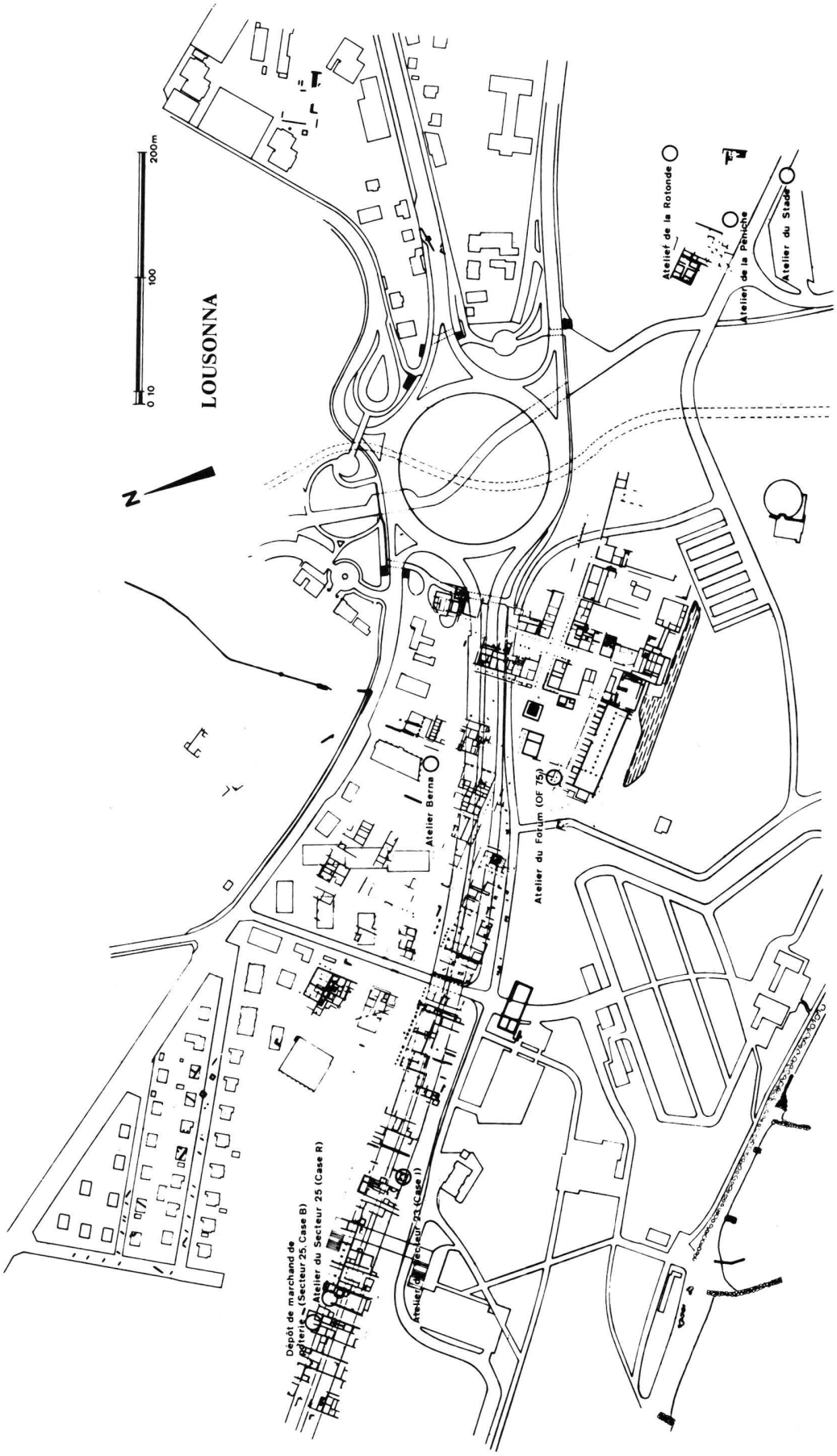


Fig. 1. Plan du vicus de Lousonna: situation des ateliers.

tés de cuisson attestent l'existence. L'atelier de la *Rotonde* a été identifié en février 1965 par la découverte de pièces surcuites lors du démontage de la «Rotonde de cuivre» dans le secteur «Transports et communications» de l'Exposition nationale[12]. Celui du *Stade* a été révélé de la même façon en août 1969 à l'occasion de la pose d'une canalisation d'eau au nord du stade de Vidy. Aucune structure, four, dépotoir, aire de travail, n'a été observée jusqu'ici. Ces deux officines, dont la mention apparaît ici pour la première fois, étaient regroupées avec celle de la *Péniche,* et peut-être d'autres encore, à la périphérie orientale du vicus. Quant à l'atelier du *Forum*, il a été mis en évidence en 1975 lors desfouilles effectuées à l'ouest du forum de Lousonna, dans le cadre de l'aménagement de la promenade archéologique de Vidy[13]; là encore, seule la présence de pièces surcuites autorise l'identification d'un atelier.

Fig. 2. Atelier du secteur 23: four de potier n° 1. Voir *Lousonna* 1, 84, fig. 127.

2. *Objectifs et limites de la recherche*

La brève étude que nous présentons ici, loin d'être exhaustive, ne se veut que la simple introduction à la deuxième partie, essentielle, consacrée aux analyses minéralogiques et chimiques. Cette recherche s'inscrit dans un plus vaste projet qui se propose de caractériser l'ensemble des productions de céramiques gallo-romaines du Plateau suisse, de manière à identifier par des méthodes d'analyses scientifiques des groupes de références distincts des autres centres de productions connus, notamment en Italie, en France ou en Allemagne[14]. L'expérience montre qu'il n'est plus possible aujourd'hui de déterminer avec précision l'origine d'une céramique ou ses caractéristiques technologiques sur la base de critères aussi subjectifs que la morphologie, la dureté, la couleur ou le simple aspect de la pâte et du vernis. Ainsi, l'analyse des productions de trois ateliers de Vidy, en venant compléter les résultats déjà obtenus pour l'officine de la Péniche, devrait conduire à l'individualisation d'un ensemble de céramiques des 1er et 2e siècles de notre ère et à la détermination d'un ou de plusieurs groupes de référence propre au site de Lousonna[15].

Echantillonnage

En l'absence d'une étude archéologique détaillée des ateliers analysés, l'échantillonnage reste arbitraire. Le choix des pièces, qui résulte d'un examen rapide du mobilier conservé dans les réserves du Musée romain de Vidy, a été opéré de manière subjective. Des éléments représentatifs de l'ensemble de la production selon des critères de forme, de qualité, de décor et de fréquence, et, cela s'entend, de nombreux ratés de cuisson ont fait l'objet d'une sélection[16].

Catalogue et commentaires

Toutes les pièces sélectionnées pour l'analyse sont décrites et illustrées[17]. Le catalogue et les com-

Fig. 3. Atelier du secteur 23: four de potier n° 2. Voir *Lousonna* 1, 84, fig. 128.

mentaires archéologiques, loin de prétendre à une étude rationnelle de la production des ateliers, ne constituent que l'amorce d'une analyse typologique et chronologique qui reste à faire. Quant au classement des pièces, indépendant du numéro de l'échantillon, il résulte de critères archéologiques définis par ailleurs[18].

3. *Catalogue* (fig. 4–8)

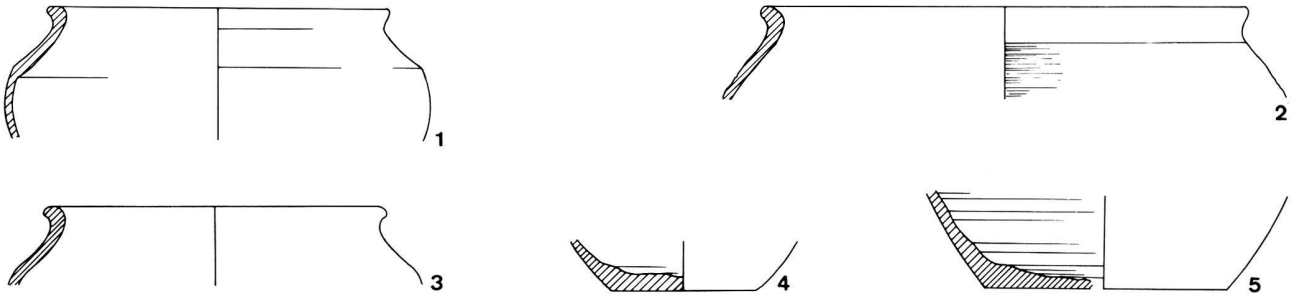
Atelier Berna

1. Inv. –. Pot caréné. Pâte gris clair à beige rosé, dure, à fin dégraissant, contenant quelques paillettes de mica.
2. Inv. –. Pot à lèvre arrondie, déversée. Pâte comme le n° 1; au-dessous du col, surface lissée horizontalement.
3. Inv. –. Pot à lèvre arrondie, déversée; légère carène à la jonction du col et de la panse. Pâte grise, dure, fine, probablement surcuite.
4. Inv. –. Fond de pot comportant des traces de tournage internes. Pâte comme le n° 1.
5. Inv. –. Fond de pot comme le n° 4.

Atelier du secteur 25 (Q 49)

6. Inv. Q 49.49.342. Gobelet cylindrique; petite lèvre arrondie dégagée par une faible gorge; au-dessous d'un bandeau lisse, même gorge. Pâte beige clair, dure, fine, sans revêtement. Sur la panse, décor de guillochis, débordant sur le bandeau lisse.
7. Inv. 62. Q 49.359. Gobelet comme le n° 6, à fond plat, déformé par la cuisson; lèvre triangulaire; sous le bandeau lisse et au-dessus du fond, large gorge. Pâte grise à gris foncé, dure, fine, boursouflée.
8. Inv. 62. Q 49.877. Cruche à lèvre pendante. Pâte beige clair, légèrement savonneuse, fine. Cf. Roth, *Krüge*, n° 14–15: Claude; *Vindonissa*, n° 431; *Haltern*, fig. 24/3 a–d.
9. Inv. 62. Q 49.870. Cruche à lèvre évasée en forme de corniche; col épaissi. Attache d'une anse. Pâte comme le n° 8. Cf. Roth, *Krüge*, n° 39.
10. Inv. 62. Q 49.871. Cruche à une anse; lèvre comme le n° 9, légèrement plus étirée et simplifiée; col épaissi; anse à 4 bourrelets. Pâte beige rosé, assez dure, fine. Cf. *Genève*, n° 565.
11. Inv. 62. Q 49.873. Cruche à lèvre déversée, au profil moins marqué que le n° 9. Pâte comme le n° 9.
12. Inv. –. Cruche à lèvre déversée, concave; une ou deux anses. Pâte comme le n° 10, légèrement plus foncée.
13. Inv. 62. Q 49.876. Col de cruche à bandeau concave; lèvre légèrement tombante, soulignée par un renflement. Pâte comme le n° 10, légèrement plus claire.
14. Inv. 62. Q 49.874. Anse de cruche à 4 bourrelets. Pâte comme le n° 9.
15. Inv. 62. Q 49.889. Fond de cruche; pied annulaire bien dégagé. Pâte comme le n° 9.
16. Inv. Q 49.890. Fond de cruche comme le n° 15, plus épais au centre et légèrement convexe. Pâte comme le n° 12, légèrement plus foncée.
17. Inv. –. Fragment de tonneau, à lèvre arrondie, redressée verticalement sur la panse, large gorge. Pâte grise, légèrement savonneuse, fine; traces d'engobe gris foncé à noir sur la surface externe. Cf. *Lousonna* 1, pl. 59/11, 13–14; *Yverdon*, fig. 4/82; *Soleure*, p. 30, pl. 4 (céramique peinte), et p. 48, pl. 10 *(terra nigra)*. 2e quart du 1er siècle.
18. Inv. 52. Q 49.221. Fragment de tonneau comme le n° 17; profil moins arrondi; lèvre légèrement aplatie à l'extérieur. Pâte et engobe comme le n° 17.
19. Inv. –. Fond de vase; pied étiré en forme de gros bourrelet surmonté d'une légère gorge externe. Pâte grise à gris-brun, savonneuse; épais engobe noir, brillant à mat. Cf. *Lousonna* 1, pl. 59/16; *Vindonissa*, nos 69–70; *Augst*, pl. 11/7–8.
20. Inv. 62. Q 49.595. Fond comme le n° 19; pied moins étiré, plus massif. Pâte grise à brun-rouge brique à l'intérieur, assez dure, fine, boursouflée.
21. Inv. –. Fond comme le n° 19, plus fin, à base convexe, ornée d'une gorge externe. Pâte comme le n° 17; surface lissée, sans engobe.
22. Inv. –. Fond comme le n° 21, moins étiré. Pâte comme le n° 21.
23. Inv. 62. Q 49.772. Fond comme le n° 19. Pâte beige à beige rosé, assez tendre, fine; surface externe lissée, sans engobe. Cf. *Lousonna* 1, pl. 59: tonneaux gris avec engobe noir ou brun-rouge.
24. Inv. –. Fragment de pot ovoïde; bord déversé, lèvre arrondie. Pâte grise, dure, à dégraissant sableux assez fin. Décor de lignes horizontales au peigne. Cf. *Genève*, nos 597, 599; *Murain*, p. 441, fig. 18/14; *Vindonissa*, n° 33; *Soleure*, n° 66; Vaison: *RAN* 10, 1977, 158/2C.
25. Inv. –. Pot globulaire, à lèvre arrondie, déversée. Pâte et décor comme le n° 24. Cf. *Lousonna*, pl. 57/6; *Augst*, pl. 2/16; 23.
26. Inv. 62. Q 49.918. Pot comme le n° 24. Même pâte, légèrement plus foncée. Décor de lignes horizontales, avec un registre de lignes obliques au-dessous de la jonction du col et de la panse.
27. Inv. 62. Q 49.351. Pot ovoïde à lèvre arrondie, déversée; ressaut à la jonction du col et de la panse. Pâte comme le n° 24, légèrement plus foncée; col soigneusement lissé. Décor de lunules en relief, disposées verticalement en registres horizontaux.
28. Inv. 62. Q 49.347. Fragment de panse. Pâte et décor comme le n° 27; au centre bandeau légèrement mouluré, orné d'un large guillochis dans sa partie supérieure.
29. Inv. –. Dolium à large bord horizontal, de section rectangulaire, orné d'une faible gorge. Pâte comme le n° 24. Cf. *Genève*, n° 658 (références); *Lousonna* 1, pl. 56/18; *Lousonna* 4, 53, fig. 40/3. Milieu du 1er s.
30. Inv. 62. Q 49.228. Fragment de dolium, fortement déformé à la cuisson; lèvre épaissie, de section triangulaire; ressaut à la jonction du col concave et de la panse ovoïde; anses à deux bourrelets. Pâte brun-rouge, dure, assez fine.
31. Inv. 62. Q 49.220. Fragment de dolium; bord de section rectangulaire, replié à angle vif. Pâte comme le n° 30, légèrement plus claire; surface externe légèrement lissée, comportant quelques paillettes de mica. Cf. *Lousonna* 1, pl. 58/1 (Q 49.220).
32. Inv. –. Fragment de marmite, probablement *tripes*, à bord de section rectangulaire, repliée horizontalement. Pâte comme le n° 24; surface rugueuse, avec traces de suie. Cf. *Genève*, n° 642; *Lousonna* 4, 53, fig. 39/2; *Soleure*, 59, pl. 13/150–151.

Atelier Berna



Atelier du Secteur 25

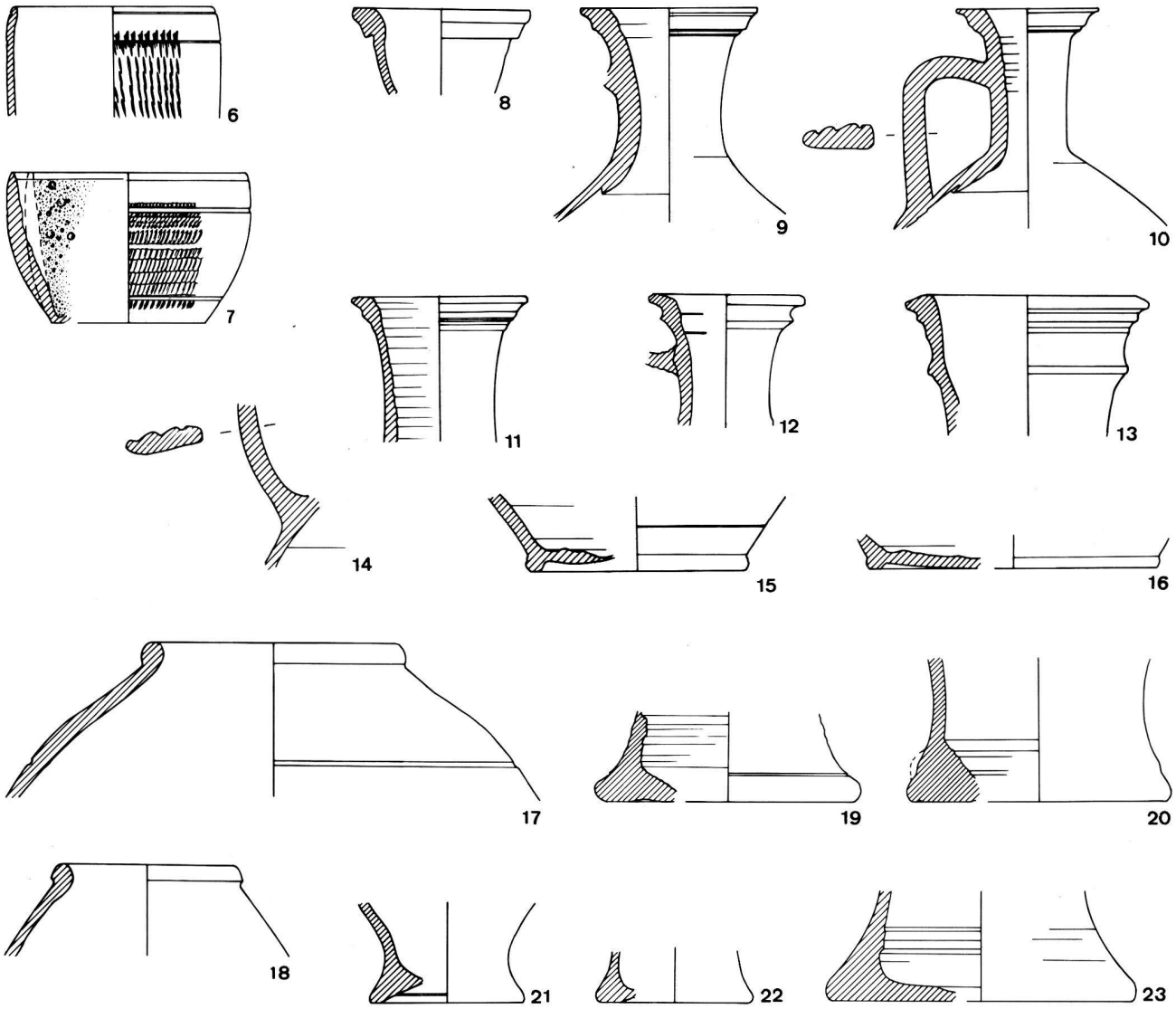


Fig. 4. Echantillons analysés. Voir catalogue p. 96. Echelle: 1:3.

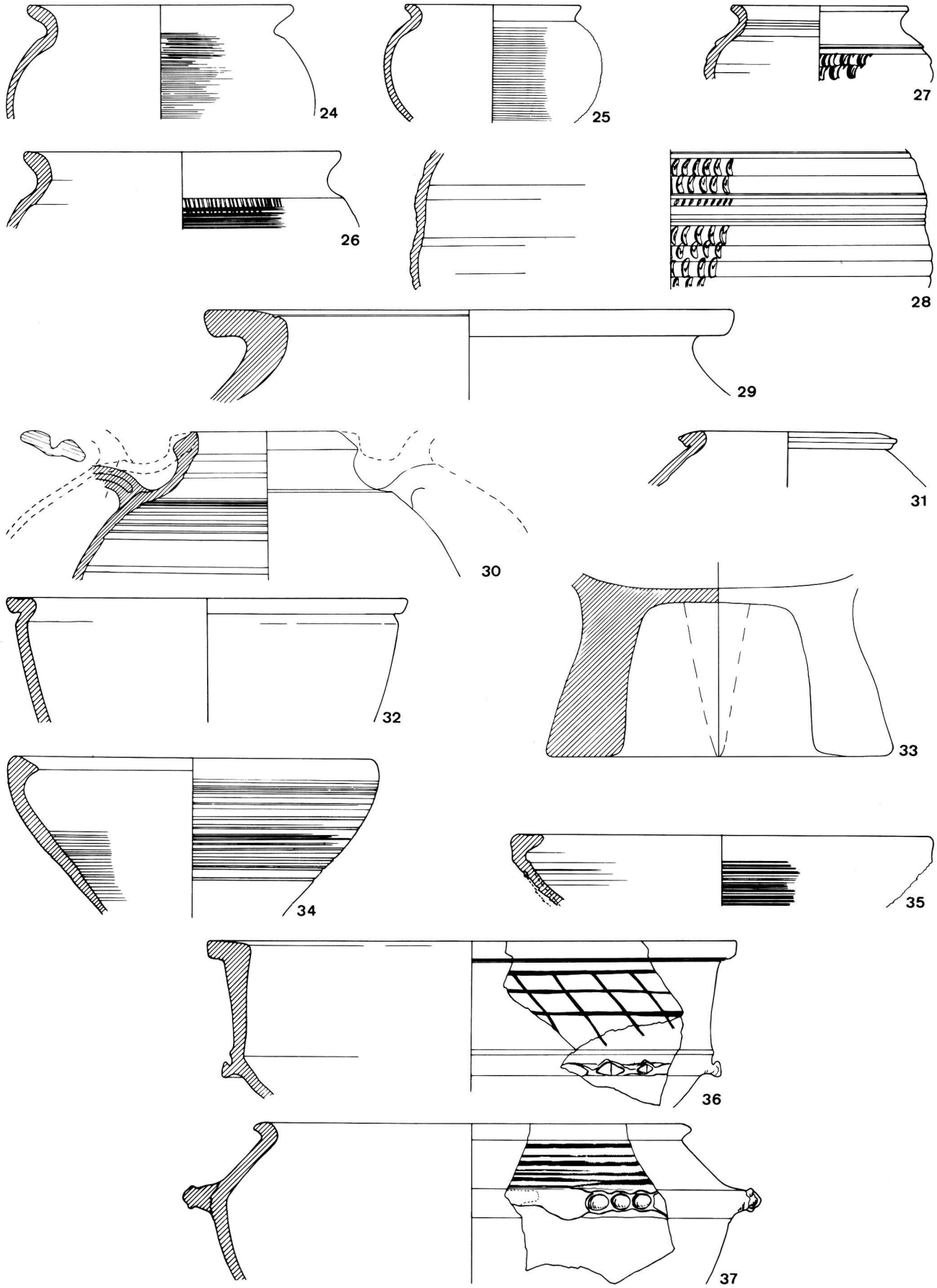
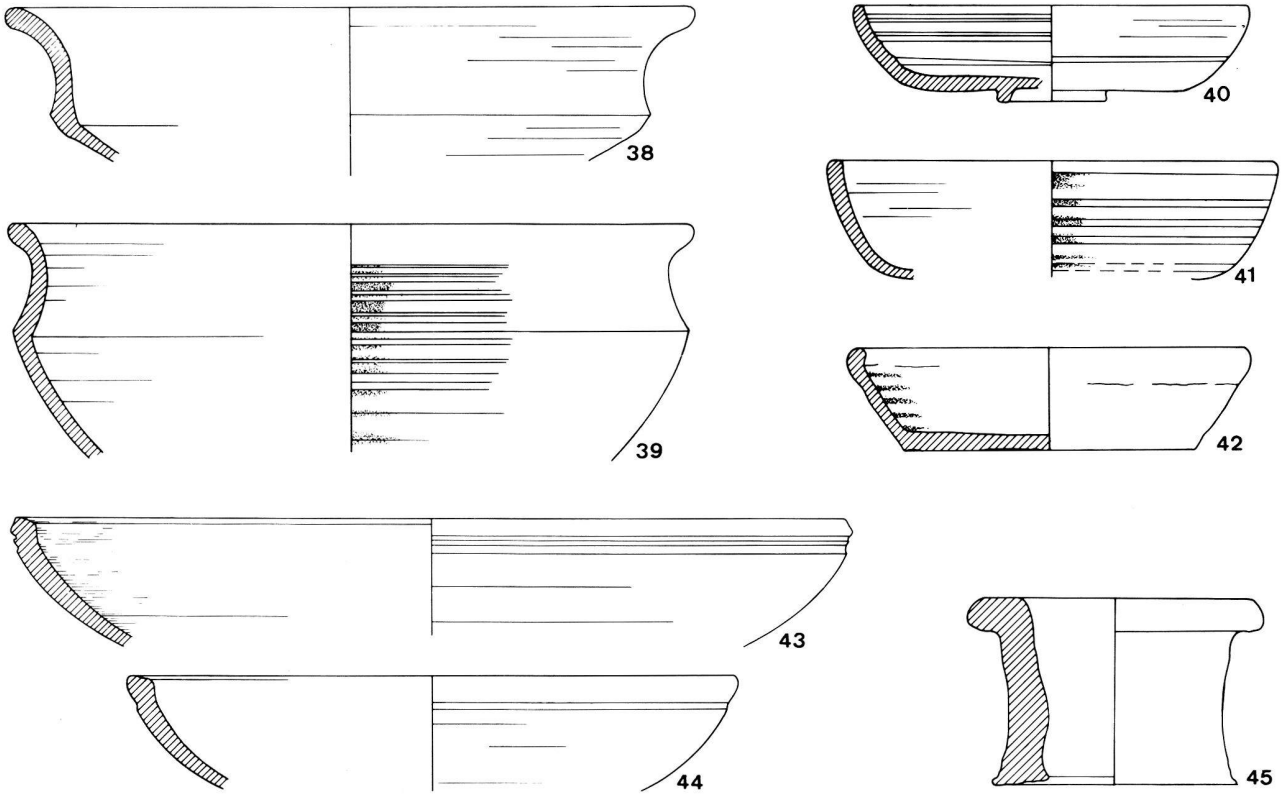


Fig. 5. Echantillons analysés. Voir catalogue p. 96, 99. Echelle: 1:3.

33. Inv. –. Pied de marmite. Pâte comme le n° 24.
34. Inv. 62. Q 49.380. Jatte tronconique; bord épaissi et aplati, replié vers l'intérieur. Pâte comme le n° 24; surface externe comportant un décor de lignes horizontales.
Cf. *Genève*, n° 643.
35. Inv. 62. Q 49.943. Jatte tronconique déformée par la cuisson; bord en forme de gros bourrelet aplati, replié vers l'intérieur à angle vif. Pâte comme le n° 34, plus foncée; décor externe comme le n° 34.
Cf. *Genève*, n° 643 (références).
1er–3e s.
36. Inv. –. Terrine carénée à rebord vertical; bord horizontal, de section rectangulaire. Pâte comme le n° 24, avec quelques parties oxydées, gris orangé. Décor de lignes sécantes, lissées sur le rebord; cordon digité sur la carène.
Cf. *Genève*, n° 671.
37. Inv. –. Jatte carénée à petite lèvre déversée; sur la carène, mamelon de préhension à décor digité. Pâte comme le n° 36; épaulement lissé de bandes horizontales.
Cf. *Genève*, n° 690 (références).
38. Inv. 62. Q 49.262. Jatte carénée; rebord concave terminé par une lèvre arrondie, déversée. Pâte gris clair à l'intérieur, gris beige à gris orangé à l'extérieur, dure, fine, lissée.
39. Inv. 62. Q 49.381. Jatte carénée comme le n° 38; rebord plus court et moins évasé. Pâte grise, bien cuite, fine, lissée par bandes horizontales à l'extérieur.
Cf. *Lousonna* 1, pl. 55/1.
40. Inv. 62. Q 49.604. Assiette à paroi convexe, terminée par un bord arrondi; pied annulaire. Pâte grise à l'intérieur, brun-rouge à l'extérieur, dure, assez fine, comportant des traces de tournage assez grossières.
41. Inv. 62. Q 49.397. Assiette, probablement comme le n° 40. Pâte grise, comme le n° 39.
42. Inv. 62. Q 49.732. Ecuelle à paroi oblique, rectiligne, à bord arrondi replié vers l'intérieur. Pâte gris clair, dure, assez fine, lissée en cercles concentriques sur la face interne.
43. Inv. 62. Q 49.91. Plat à paroi incurvée; bord aplati, légèrement oblique, souligné par deux gorges, bien marquées. Pâte beige clair, bien cuite, fine. A l'intérieur et sur le bord du récipient enduit brun-rouge, irrégulièrement appliqué.
Cf. *Genève*, n° 580.
44. Inv. 62. Q 49.620. Plat comme le n° 43; bord souligné par une seule et large gorge. Pâte brun-rouge foncé, dure, fine. Enduit comme le n° 43, brun-rouge foncé.
45. Inv. –. Support de cuisson annulaire, à bord horizontal, arrondi. Pâte gris clair, légèrement savonneuse, fine.

Atelier du secteur 23 (Malherbe)

46. Inv. E 61.103.038. Gobelet à col vertical, légèrement concave et à panse ovoïde, ornée de dépressions verticales; petite lèvre arrondie, déversée. Pâte gris clair, dure, fine; vernis gris foncé, légèrement brillant. Ligne guillochée au sommet de la panse.
Cf. *Aventicum* 1, pl. III/21.
47. Inv. E 61.103.264. Gobelet comme le n° 46; col légèrement plus court. Pâte et vernis comme le n° 46 de moins bonne qualité. Panse guillochée.
48. Inv. E 61.104.829. Gobelet comme le n° 47, avec deux gorges à la jonction du col et de la panse. Pâte beige, dure, fine; vernis brun-rouge, légèrement brillant, peu adhérent.
49. Inv. E 61.100.438. Gobelet comme le n° 46, à col tronconique, dépourvu de lèvre. Pâte grise, dure, fine; vernis gris-brun, mat, peu adhérent.
50. Inv. E 61.102.914. Gobelet ovoïde; petit col, surmonté d'une lèvre pendante; panse ornée de cannelures et d'un registre guilloché. Pâte beige, dure, fine; vernis brun-rouge, mat, peu adhérent.
Cf. *Lousonna* 1, pl. 63/5; *Aventicum* 1, pl. II/13.
51. Inv. E 61.102.579. Gobelet comme le n° 50. Pâte beige, dure, fine; vernis brun-rouge, brillant, de bonne qualité.
52. Inv. E 61.102.915. Gobelet comme le n° 50. Pâte beige, dure, fine; vernis brillant, orangé sur le col et la panse, brun-rouge foncé sur la lèvre.
Cf. *Berne-Enge* 1979, 126, pl. 31/3.
53. Inv. E 61.100.986. Panse d'un gobelet ovoïde comme le n° 50. Pâte grise, dure, fine; vernis gris foncé, brillant.
54. Inv. E 61.103.014. Gobelet ovoïde à bord évasé, triangulaire. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, brillant, de bonne qualité. Décor de cordons fendus à la barbotine.
Cf. *Aventicum* 1, pl. I/1.
55. Inv. E 61.105.731. Fragment de gobelet ovoïde. Pâte grise, dure, fine; vernis gris foncé, légèrement brillant, de bonne qualité. Décor à la barbotine et guillochis.
56. Inv. E 61.105.322. Fragment de gobelet ovoïde. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis brun-rouge, brillant. Décor à la barbotine dont le relief a presque entièrement disparu.
Cf. *Aventicum* 1, pl. VI/7.
57. Inv. E 61 –. Fragment de gobelet ovoïde. Pâte et vernis comme le n° 56. Décor en relief à la barbotine avec rangée médiane de ponctuations.
58. Inv. E 61.104.537. Fragment de gobelet ovoïde. Pâte grise à beige, dure, assez fine à légèrement granuleuse; vernis brun-rouge à brun-rouge très foncé, brillant. Décor de lignes parallèles groupées par 5, tracées au peigne.
59. Inv. E 61.101.023. Fond de gobelet ovoïde; base faiblement concave, légèrement étalée en bourrelet. Pâte grise, dure, fine; vernis gris foncé, mat.
60. Inv. E 62.105.534. Fragment de bol cyclindrique Drag. 30. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, brillant, de bonne qualité. Au-dessus d'une bande guillochée, décor oculé mal imprimé de deux ou trois cercles concentriques.
Cf. *Lousonna* 1, pl. 62/14; *Aventicum* 1, pl. IV/36.
61. Inv. E 61.104.267. Bol hémisphérique Drag. 37. Pâte et vernis comme le n° 60. Décor oculé de trois cercles concentriques.
62. Inv. E 61.104.897. Bol comme le n° 62. Pâte grise, dure, fine; vernis gris à gris-brun foncé, mat à faiblement brillant.
63. Inv. E 62.100.543. Bol comme le n° 62. Pâte beige, dure, fine, dépourvue de revêtement.
64. Inv. E 61.101.057. Bol comme le n° 62. Pâte comme le n° 60; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, à reflets métallescents.
65. Inv. E 61.104.584. Bol comme le n° 62. Pâte beige orangé à grise, dure, fine; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, brillant, disposé irrégulièrement selon une large bande horizontale.
66. Inv. E 61.103.012. Bol Drag. 37. Pâte comme le n° 61; vernis orangé, mat à légèrement brillant, adhérant mal.
67. Inv. 61/105.358. Terrine carénée; lèvre triangulaire, déversée horizontalement, dégagée du rebord vertical par deux petites gorges. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis brun-rouge, brillant. Décor guilloché.



Atelier du Secteur 23

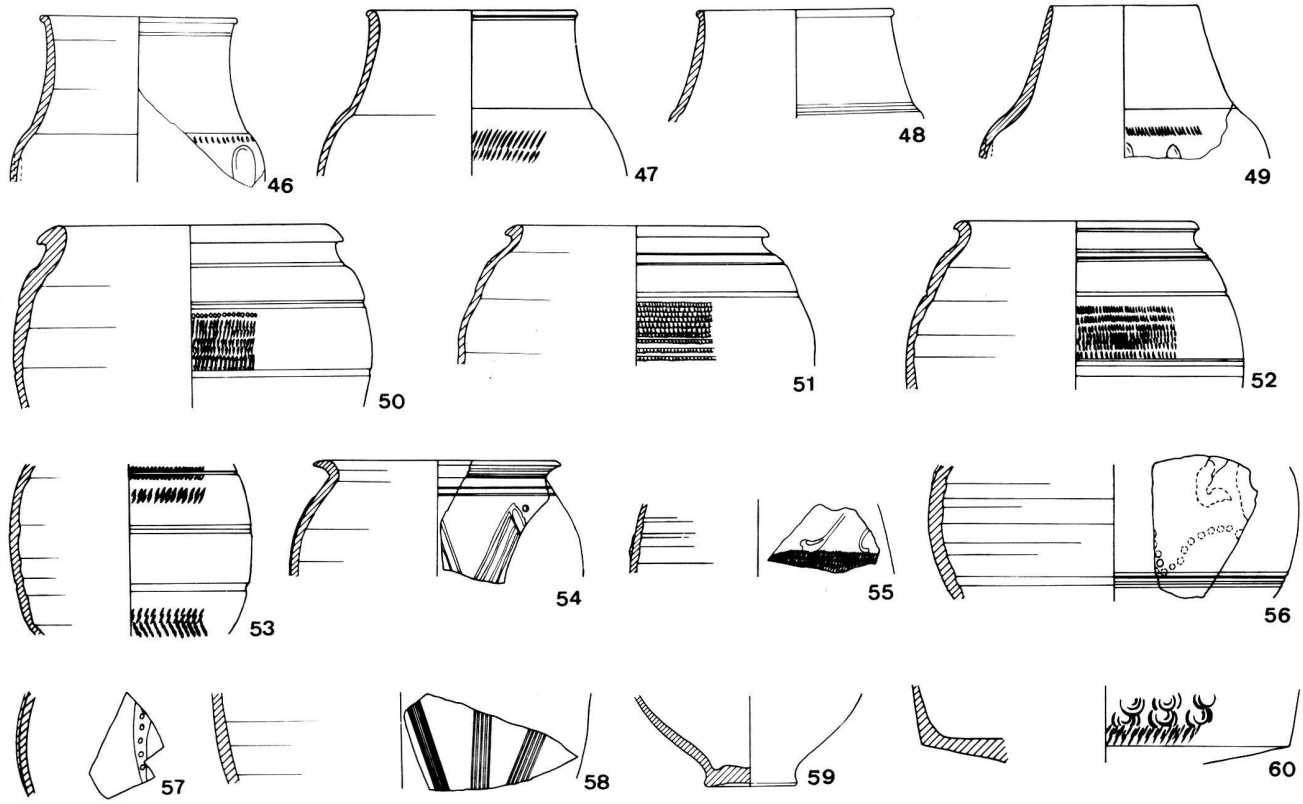


Fig. 6. Echantillons analysés. Voir catalogue p. 99. Echelle: 1:3.

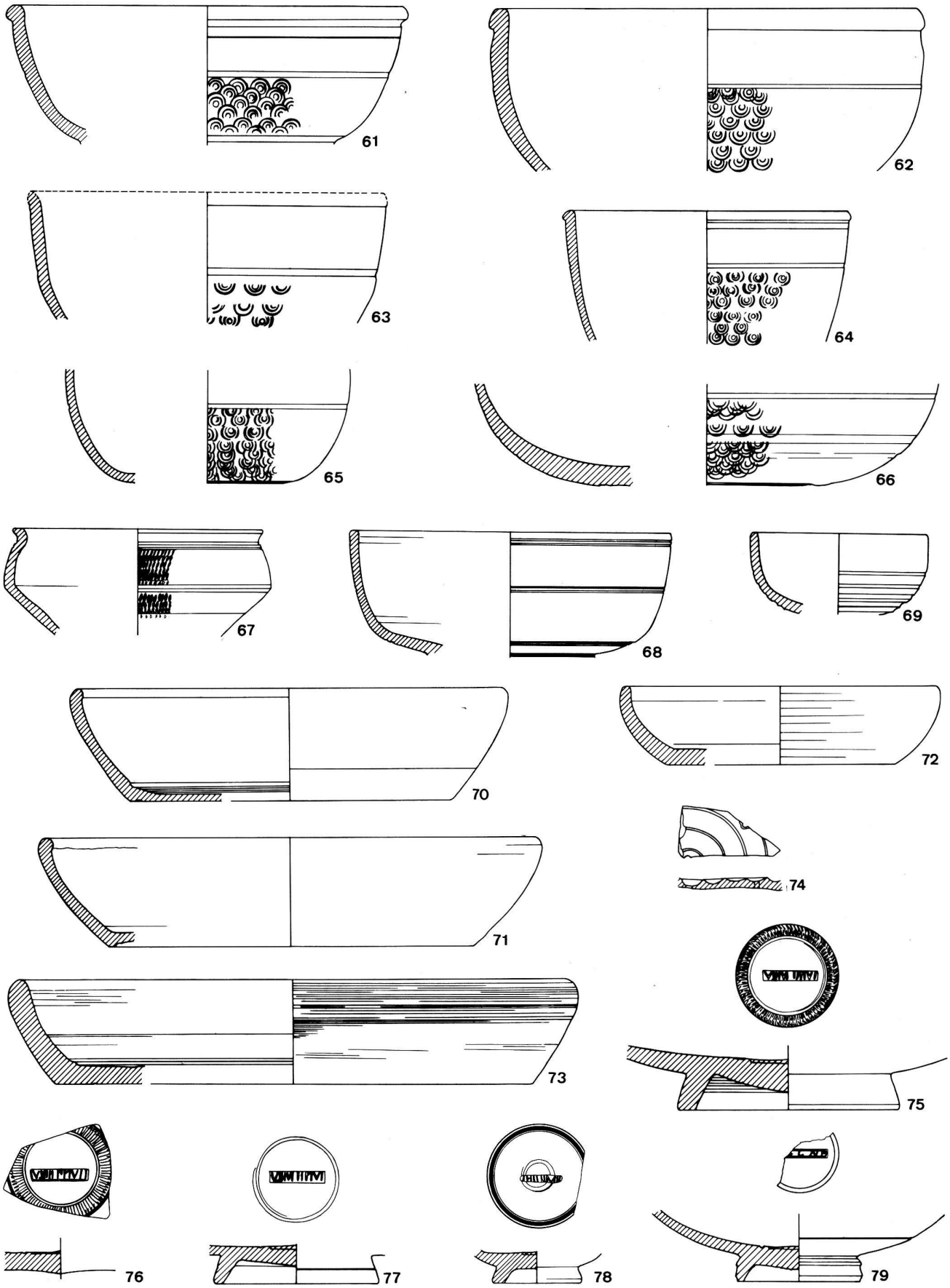


Fig. 7. Echantillons analysés. Voir catalogue p. 99, 102. Echelle: 1:3.

Cf. *Aventicum* 1, pl. V/46; *Berne-Enge* 1979, 126, pl. 31/4; *Genève*, n° 695 *(terra nigra)*.

68. Inv. 61/105.464. Coupe à paroi incurvée et bord arrondi; probablement pied annulaire. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis brun-rouge foncé, à reflets métallescents. Trois séries de deux sillons ornent la panse.
69. Inv. E61.104.128. Petite coupe comme le n° 68. Pâte beige à brun, dure, fine; vernis brun-rouge foncé, mat, peu adhérent.
70. Inv. 62/105.552. Ecuelle à paroi incurvée, à bord arrondi légèrement replié vers l'intérieur; sous le fond, une cannelure dégage un petit pied annulaire. Pâte brun-rouge, dure, fine, contenant quelques vacuoles; vernis brun à brun-rouge, légèrement brillant.
71. Inv. 62/102.552. Ecuelle comme le n° 70. Pâte comme le n° 70; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, mat à l'intérieur, légèrement brillant à l'extérieur.
72. Inv. E61.103.265. Ecuelle à paroi incurvée; bord arrondi vertical, fond plat, épais. Pâte grise, dure, assez fine; vernis gris à gris-brun, légèrement brillant.
73. Inv. E61.100.715. Ecuelle comme le n° 72, à paroi plus épaisse. Pâte beige, dure, fine; vernis brun à brun-rouge, mat, irrégulièrement disposé.
74. Inv. E61.102.897. Fond de faisselle, profilé de larges gorges internes et percé de trous. Pâte beige, dure, fine; vernis orangé, mat.
Cf. *Berne-Enge* 1979, 127, pl. 32/3.
75. Inv. –. Fond de plat (Drag. 32 ou Curle 23 ?); pied annulaire de section rectangulaire. Pâte beige, dure, fine; vernis brun à brun-rouge, mat, adhérant mal. Sur le fond, au centre d'un anneau guilloché, estampille illisible.
76. Inv. –. Fond de plat. Pâte et estampille comme le n° 75; vernis brun-rouge à brun-rouge foncé, légèrement brillant.
77. Inv. –. Fond de plat comme le n° 75. Pâte et vernis comme le n° 76. Estampille comme les n°s 76 et 77, à l'intérieur d'un cercle simple.
78. Inv. 62/105.769. Fond de coupe. Pâte orangée, dure, fine; vernis rouge orangé, légèrement brillant. Sur le fond, au-dessus d'un petit cercle, estampille illisible.
79. Inv. A–C. 1–7 C5b. Fond de coupe. Pâte beige orangé, dure, fine; vernis orangé, légèrement brillant. Sur le fond, au centre d'un cercle, estampille fragmentaire illisible.
80. Inv. 62/106.040. Mortier à large collerette horizontale, régulièrement incurvée; bourrelet interne de même hauteur que le bord. Pâte grise, dure, à dégraissant sableux, peu homogène; engobe jaune verdâtre. Sur le bord, estampille CV[N]ASIVS.
Cf. *Genève*, 252, est. 14–15; *Avenches* 1974, 53–54; *Berne-Enge, Stempel*, 137, pl. 2/7–8.
81. Inv. E61.103.421. Mortier à collerette horizontale, incurvée, profilée d'une large gorge; bourrelet interne développé verticalement; à l'intérieur, au-dessous d'un bandeau concave et lisse, semis de grains de sable. Pâte beige à beige orangé, dure, assez fine; vernis brun à brun très foncé, mat, irrégulièrement disposé.
Cf. *Genève*, n° 511 (références); *Berne-Enge, Stempel*, 136, pl. 1/15–17.
82. Inv. E61.103.744. Mortier comme le n° 81; même pâte; vernis rouge orangé, mat, peu adhérent.
83. Inv. G61.101.393. Mortier comme le n° 81, déformé; collerette épaissie. Pâte comme le n° 81; vernis orangé, disposé irrégulièrement.
84. Inv. E61.102.713. Mortier comme le n° 81. Pâte beige à gris-brun, dure, à dégraissant sableux; vernis orangé à brun-rouge foncé, mat, peu adhérent.
85. Inv. 62/106.254. Mortier à collerette horizontale incurvée; bourrelet arrondi, peu développé. Pâte comme le n° 83 à l'intérieur, orangée à gris beige à l'extérieur, dépourvue de vernis.
86. Inv. 61/105.270. Fragment de collerette. Pâte comme le n° 85; vernis brun-rouge foncé, épais, brillant.
87. Inv. E61.101.397. Cruche à col court, évasé, terminé en forme de bandeau concave; une anse à double bourrelet. Pâte beige, savonneuse, fine; vernis brun foncé, irrégulièrement disposé.
88. Inv. E61.103.009. Cruche comme le n° 87; même pâte; vernis brun à brun-rouge foncé, de même qualité.
89. Inv. E61.103.004. Pot ovoïde; col tronconique, lèvre en forme de bourrelet repliée horizontalement; moulure et gorge à la jonction du col et de la panse. Pâte grise, assez dure, fine; engobe gris à gris-brun, irrégulièrement disposé.
90. Inv. E61.103.000. Pot comme le n° 89; lèvre anguleuse; col légèrement convexe. Pâte beige clair, assez dure, fine; surfaces lissées, sans engobe.
91. Inv. E61.101.172. Pot ovoïde à col concave; lèvre triangulaire, verticale; gorge à la jonction du col et de la panse. Pâte brun-orangé, dure, assez fine; surfaces légèrement lissées, avec traces d'engobe brun, mat, sur le bord.
Cf. *Lousonna* 1, pl. 57/14.
92. Inv. E61.103.023. Jatte à col concave; lèvre ronde déversée; gorge à la jonction du col et de la panse. Pâte beige à gris, dure, à fin dégraissant sableux; sur le col et sur le bord, trace d'engobe brun à brun-rouge.
Cf. *Lousonna* 1, pl. 51/12.
93. Inv. E61.101.062. Pot ovoïde à lèvre arrondie, déversée, séparée du haut de la panse par un léger ressaut. Pâte brun-rouge clair, dure, à dégraissant sableux; à l'extérieur et sur le bord, vernis brun-rouge foncé, légèrement brillant.
94. Inv. 61/104.845. Jatte tronconique; bord épaissi, légèrement replié vers l'intérieur, souligné par deux larges gorges. Pâte beige, dure, à fin dégraissant sableux; surfaces grossièrement lissées.
Cf. *Genève*, n° 643.

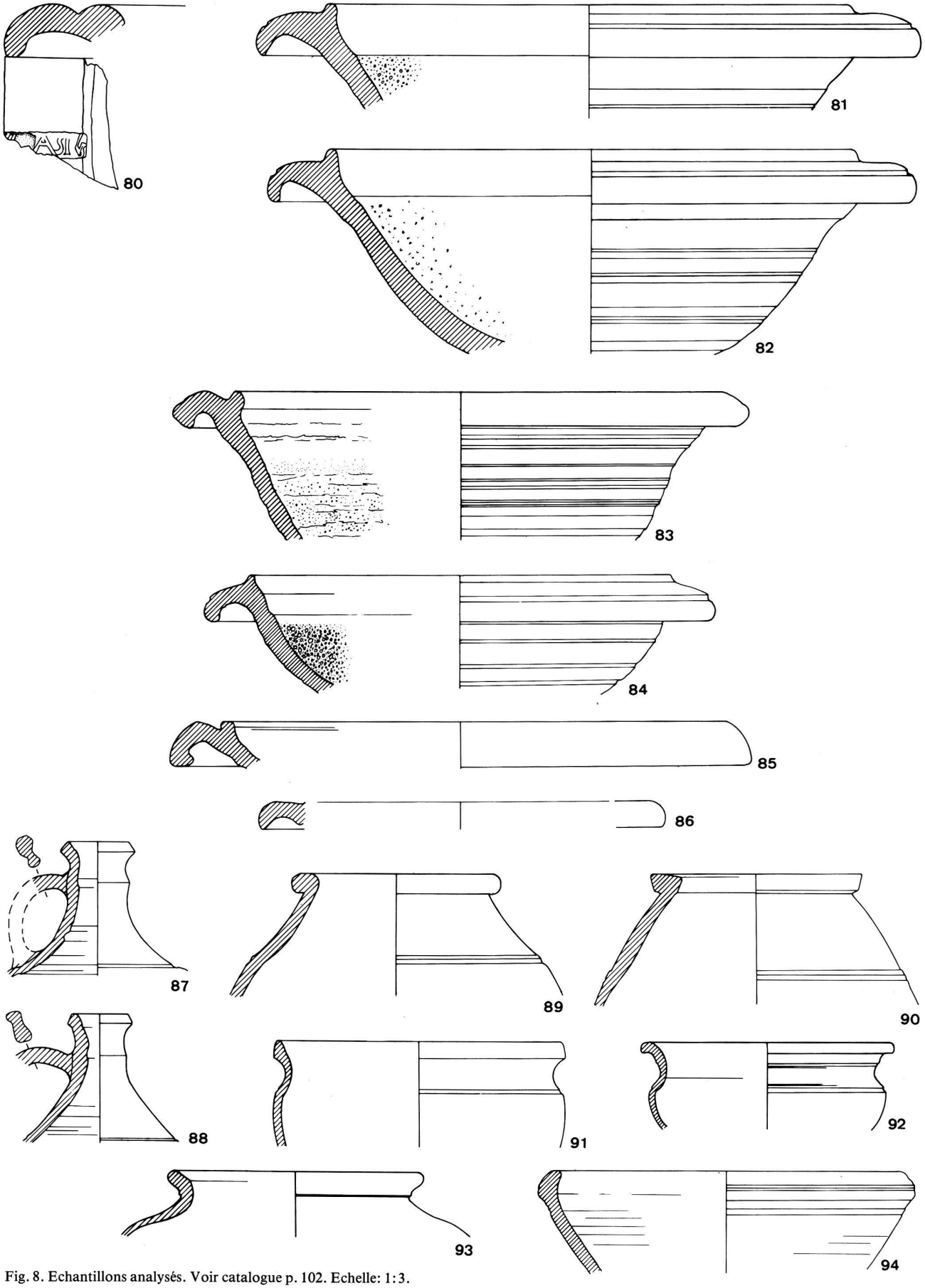


Fig. 8. Echantillons analysés. Voir catalogue p. 102. Echelle: 1:3.

4. *Commentaire archéologique*

L'atelier Berna

L'identification de cet atelier, consécutive à la récolte de quelques centaines de tessons, doit inciter à la prudence dans la datation et la caractérisation des productions. Sur le plan chronologique, une attribution à l'époque augustéenne, la plus vraisemblable, peut se fonder sur les critères suivants:

- le mobilier provient d'une couche homogène, d'environ 0,20 m d'épaisseur, située directement au-dessus du sol vierge;
- un *terminus post quem* est fourni par quelques tessons de sigillée italique associés, dont une estampille du potier *L. Titius* (fin du 1er siècle av. J.-C.);
- les comparaisons internes et, dans une faible mesure, l'observation de certains critères typologiques confirment une datation précoce. La céramique, tournée dans une pâte grise ou claire, relève d'une tradition indigène; elle comprend essentiellement des pots carénés à rebord déversé, à lèvre arrondie et à fond plat, dépourvus de pieds annulaires. Des formes similaires ont été mises au jour en 1974/75 dans la fouille voisine de «Chavannes 7»[19], dans les couches les plus anciennes, immédiatement au-dessus du sol naturel, également datées par le mobilier associé de l'époque augustéenne (fin du 1er s. av. J.-C. - début du 1er s. de notre ère). Dans le matériel recueilli avec les productions de Berna, il faut encore noter la présence de quelques fragments de plats à engobe interne rouge, à bord épaissi en forme de bourrelet externe, ou horizontal[20], un fragment de terrine en pâte claire, dont la production est attestée dans l'atelier du Forum par des ratés de cuisson associés aux mêmes types de plats à engobe que nous venons de mentionner[21], quelques fragments de bols de type «Roanne», avec des traces de peinture rouge[22], un fragment de pot à provisions («Honigtopf»), enfin des pots ou marmites en pâte sombre. Dans l'état actuel de la recherche, il n'est pas possible d'attribuer avec certitude tous ces récipients aux productions de l'atelier Berna. Seuls les ratés de cuisson font foi.

L'atelier du Forum

Nous venons de souligner un certain parallélisme entre l'ensemble «Berna» et l'atelier du Forum, situé une centaine de mètres plus au sud, à l'emplacement du futur forum de Lousonna (fig. 1). L'éventail typologique de la production, en pâte claire ou sombre, est étendu; il comprend notamment des terrines à lèvre épaissie, de tradition indigène, et des formes romaines, comme les cruches à lèvre pendante ou les plats à engobe interne rouge[23]; quelques pots assimilables aux produits de l'atelier Berna y ont été observés[24]. Les données stratigraphiques et le mobilier associé ont permis d'assigner à ce complexe «Ouest Forum 1975» une date identique à celle proposée pour l'atelier Berna, soit comprise entre la fin du 1er siècle av. J.-C. et le début du 1er siècle de notre ère.

A ces témoignages de la présence d'une industrie de la céramique à Vidy dès l'époque augustéenne, il faut encore ajouter l'hypothèse, fort vraisemblable, de l'établissement à Lousonna même du potier indigène *Vepotalus*, le plus ancien que l'on connaisse sur le Plateau suisse[25]. Relevons enfin sur le site l'abondance des imitations helvétiques de terre sigillée anciennes, en particulier des formes du service 1 de la sigillée italique, pour lesquelles une fabrication locale est des plus probables. La diffusion de ces fabrications d'époque augustéenne semble limitée; la production de l'atelier Berna, comme celle de l'atelier du Forum, devait être réservée à la consommation locale[26].

Le secteur de la Péniche

Une deuxième zone, réservée semble-t-il à la production de céramiques au 1er siècle de notre ère, a pu être individualisée à l'est de Flon, à la périphérie du vicus, dans le secteur de l'officine de la Péniche, qui a fabriqué essentiellement de la terre sigillée d'excellente qualité[27].

L'atelier de la Rotonde

Situé à moins de 100 m de la Péniche, cet atelier n'a livré qu'une petite centaine de fragments, parmi lesquels on peut identifier des supports de cuisson. Sa production comprend des imitations de terre sigillée, notamment des plats de forme Drag. 15/17 (Drack 3) en pâte claire, ou Hofheim 2 (Drack 4) en *terra nigra*, ainsi qu'une variante de la forme Hofheim 1 (Drack 5), avec un décor spiralé appliqué sous la lèvre, dont la qualité est proche des produits de la Péniche. Le mobilier associé a livré quelques fragments de sigillée italique du service 1 c, des bols peints de type «Roanne» et de la céramique en pâte grise dont certaines formes ont été reconnues dans l'atelier du secteur 25[28]. Cette première analyse du matériel permet de penser que l'atelier de la Rotonde a été en activité au 1er siècle de notre ère, plus précisément sous les règnes des empereurs Tibère et Claude.

L'atelier du Stade

Parmi plusieurs centaines de fragments, sans compter des supports de cuisson et des pièces de calage, on reconnaît avant tout des imitations de terre

sigillée: plats de forme Drag. 17 ou 15/17 (Drack 2–3), assiettes Hofheim 2 (Drack 4) en *terra nigra* ou en pâte claire, coupes Drag. 24/25 (Drack 11), également dans les deux variétés, une coupe Drag. 35 (variante de la forme Drack 15), en pâte claire, une autre de type Hofheim 12 (Drack 19) en *terra nigra*, enfin une coupe carénée Drack 21. Deux potiers sont attestés par des estampilles; le premier, dont la marque, non déchiffrée, orne le fond d'une coupe Drag 24/25 (Drack 11) en pâte claire, reste anonyme; le second porte le nom de *Sabinus*; sur trois coupes, deux en pâte claire et une en *terra nigra*, on trouve la graphie *SABINI*; sur une assiette en *terra nigra*, la forme *SABINV*.

Dans le mobilier associé, nous citerons quelques fragments de cruches[29] et des tuiles déformées, surcuites, qui, selon toute évidence, ont été fabriquées également sur place.

On peut provisoirement assigner à l'atelier du Stade une période d'activité comparable à celle de l'atelier de la Rotonde, remontant aux empereurs Tibère et Claude.

L'atelier du secteur 25[30]

La production de cet atelier comprend aussi bien des formes d'origine romaine en pâte claire, comme les gobelets (nos 6–7), les cruches (nos 8–16) ou les assiettes à pied annulaire (nos 40–41) que les types indigènes en pâte sombre, tels les tonneaux (nos 17–18), les bases étroites (nos 19–23), les pots ovoïdes à lèvre déversée (nos 26–28), les jattes à bord rentrant (nos 34–35) ou les pots et terrines à panse carénée (nos 36–39).

Les gobelets cylindriques à fond plat (nos 6–7) révèlent une production originale, inspirée sans doute des récipients italiques augustéens à parois fines de type Aco; au-dessous du bandeau lisse, un décor guilloché remplace le traditionnel semis de picots; le premier exemplaire illustré pourrait correspondre à la variante haute, le second, déformé par la cuisson, à la série des formes basses. Les cruches, conformément à l'usage, laissent peu de place à l'originalité; la plupart des profils, finement moulurés, sont caractéristiques du 1er siècle de notre ère; l'exemplaire à lèvre pendante (no 8) trouve des parallèles au milieu du 1er siècle, notamment à Avenches, Vindonissa ou Haltern. Les tonneaux à pied étroit, fabriqués selon la technique de la *terra nigra*, sont bien attestés en Suisse occidentale dans le 2e quart du 1er siècle de notre ère, en particulier à Yverdon et à Soleure. Le pot ovoïde à bord déversé (nos 24–25) illustre un type romanisé très répandu, observé notamment à Vaison, Genève, Murain, Soleure et Vindonissa, tandis que le dolium à bord horizontal (no 29), muni

Fig. 9. Atelier du secteur 25: pot caréné. Voir catalogue, association des nos 19–23 et 38–39. Echelle: h. du vase de droite: 21,5 cm.

probablement d'un couvercle en bois, connaît une grande faveur sur tout le territoire gallo-romain aux 1er et 2e siècles. Cette forme a été observée dans l'atelier de la Péniche, de même que le profil de la marmite no 32, probablement tripode. D'autres récipients s'inspirent de types bien connus sur le Plateau suisse (nos 43–44). Les bases étirées en forme de bourrelet, d'origine celtique (nos 19–23), peuvent se rapporter à des tonneaux (nos 17–18) ou à des pots ovoïdes, mais appartenir également à des vases carénés, qu'un exemplaire complet du Musée romain de Vidy permet de restituer (fig. 9); les nos 38 et surtout 39 de notre catalogue pourraient représenter la partie supérieure de ce type original, sans parallèle connu.

Dans l'ensemble, si l'on fait exception de gobelets nos 6–7 et des pots carénés à base étroite dont nous venons de parler (fig. 9), la production de l'atelier du secteur 25 ne présente guère d'originalité. L'analyse comparative des formes permet de lui assigner provisoirement une date comprise entre les années 40 et 60 de notre ère[31].

L'atelier du secteur 23

Cette officine, qui a produit essentiellement de la vaisselle de table ou de cuisine à revêtement argileux, s'insère parfaitement dans une série d'ateliers bien connus aux 2e et 3e siècles de notre ère, tels, par exemple, ceux d'Avenches, de Berne-Enge ou de Thonon[32]. Gobelets à haut col vertical ou tronconique (nos 46–49), gobelets ovoïdes (nos 50–59) ornés de décors guillochés, à dépressions ou à la barbotine, bols dérivés de la forme Drag. 30 (no 60) ou Drag. 37 (nos 61–66), portant un décor oculé, terrines carénées (no 67), font partie du répertoire

commun à ce groupe. La fréquence des gobelets en pâte grise et à revêtement gris foncé à noir apparente les produits de Lousonna à ceux de Thonon, de préférence à ceux d'Avenches, où cette caractéristique est rare. Il faut relever un fond de faisselle (n° 74), forme connue dans l'atelier de Berne-Enge, mais aussi à Avenches et à Seeb (ZH)[33]. Les estampilles illisibles, imprimées sur des fonds de plats, d'assiettes ou de coupes (nos 75–79), peuvent être rapprochées des exemplaires similiaires de Berne-Enge[34]. Les mortiers à large gorge interne surmontant le semis de grains de sable (nos 81–82), fréquents dans le nord-est de la Suisse et en Rhétie, mais présents également à Berne-Enge et, plus rarement à Genève, sont, eux aussi, caractéristiques du répertoire des formes de la fin du 2e et du 3e siècle. Quant au portier *Cunasius*, qui semble étranger au site (voir *infra,* p. 107), son nom est connu à Berne-Enge, Avenches, Yverdon, Genève et Thonon sur des mortiers de forme analogue, dépourvus de revêtement; en raison du nombre important des variantes de l'estampille, une analyse minéralogique et chimique des pâtes serait nécessaire pour déterminer si toutes ces pièces proviennent d'un seul ou de plusieurs ateliers. Quelques cruches (nos 87–88), pots et jattes (nos 89–94), dont deux exemplaires seulement, en pâte beige, sont dépourvus de revêtement (nos 90 et 94), complètent la série des échantillons analysés.

D'une manière générale, ce genre de matériel abonde non seulement dans tous les secteurs du vicus de Lousonna, mais encore sur la plupart des sites du Plateau suisse et du Valais. Seule une analyse des pâtes serait en mesure de préciser son origine et, partant, le rayon de diffusion des divers ateliers connus ... ou à découvrir ...

Le dépôt de poterie du secteur 25

Le matériel, recueilli dans l'angle d'une case bordant la rue principale du vicus, constitue sans doute un dépôt de marchand. La vaisselle, soigneusement empilée et rangée par catégories, fut subitement et définitivement abandonnée, probablement en même temps que l'ensemble du site, vers le milieu du 3e siècle de notre ère (fig. 10). Elle comprend plusieurs formes produites par l'atelier du secteur 23: gobelets à haut col, en technique grise pour la plupart, mortiers à large gorge interne, à revêtement argileux brun à brun-rouge de mauvaise qualité, ou dépourvus d'enduit, à pâte brique saumon, portant parfois de chaque côté du déversoir une estampille en forme de grillage, des cruches à col court et des faisselles. Il faut ajouter un bol Drag. 37 à décor guilloché, quelques mortiers et écuelles tronconiques en pâte claire, des plats en pâte grise, à paroi presque verticale terminée par une lèvre déversée en forme de bourrelet[35] et des écuelles carénées en pâte grise ou gris beige, à pied étroit, produits d'un atelier local jusqu'ici indéterminé[36].

Fig. 10. Dépôt de marchand de poterie du secteur 25. Voir *Lousonna* 1, 90.

Remarques générales

La présence de nombreux fours ne doit pas conduire à surestimer l'importance de l'industrie céramique à Lousonna; les installations sont modestes et la diffusion du matériel *extra muros*, encore mal connue il est vrai, semble, sauf exceptions comme les sigillées et les lampes, relativement limitée; la majeure partie de la production courante devait servir à répondre aux besoins de la consommation locale. L'intérêt majeur du site réside dans la continuité des témoignages relatifs à la fabrication de la céramique et dans la grande variété des productions. Pendant toute la durée du vicus, de l'époque augustéenne, avec les ateliers Berna et du Forum, jusqu'au milieu du 3e siècle, avec l'officine du secteur 23, il est possible de saisir concrètement l'activité des potiers. Si les premiers artisans s'installent au centre du vicus, à proximité du forum, plusieurs de leurs successeurs du 1er siècle, conformément à l'usage, se regroupent dans les faubourgs ou à l'extérieur de l'agglomération[37]; toutefois, l'atelier du secteur 25, contemporain, ou celui, plus tardif, du secteur 23, fonctionnent isolément à l'intérieur même des quartiers d'habitation. Pendant près de trois

siècles, les officines de Vidy auront produit la quasi-totalité des principales catégories de la céramique gallo-romaine, de la terre sigillée de qualité, lisse ou ornée, à la céramique d'usage courant, de la vaisselle de tradition méditerranéenne aux récipients d'inspiration indigène, sans oublier les lampes, dont la diffusion au 1er siècle semble assez large[38]. Dans l'ensemble, les productions se caractérisent par leur diversité, leur bonne qualité, voire leur originalité[39].

Conclusion[40]

Les analyses minéralogiques et chimiques indiquent que dans les trois ateliers considérés (Berna, secteur 25 et secteur 23), les potiers ont employé deux sortes d'argile: l'une riche, l'autre pauvre en calcite (CaO). L'officine du secteur 23, qui a produit presque exclusivement des céramiques à revêtement argileux, dérivées des sigillées, a utilisé de préférence la première, aussi bien pour la vaisselle de table que pour les mortiers. Cette haute teneur en CaO, déjà relevée pour la terre sigillée de la Péniche[41], apparaît également dans les cruches du secteur 25, dépourvues d'engobe: cette caractéristique, conséquence probable d'un choix délibéré de l'artisan, devait assurer aux récipients un excellent degré de porosité; la céramique grossière du même atelier, en revanche, a été tournée dans une argile pauvre en calcite.

Température plus élevée et plus constante dans le secteur 25, et modes de cuisson diffèrent. Dans l'atelier du secteur 23, l'atmosphère oxydante prédomine largement[42] et la conduite du feu semble mieux contrôlée; dans celui du secteur 25, l'équilibre observé dans l'emploi d'atmosphères tantôt oxydante, tantôt réductrice s'explique par la production simultanée de formes d'origine méditerranéenne, en pâte claire, et de types de tradition indigène, de couleur sombre.

Parmi les échantillons analysés, seul le mortier estampillé *Cunasius* (n° 80), probablement importé, présente des caractéristiques qui lui sont propres. Tous les autres appartiennent à l'un des deux groupes de référence Lousonna 1 (pauvre en CaO) et Lousonna 2 (riche en CaO). Ce résultat important ne peut qu'encourager les recherches ultérieures.

Summary[40]

The mineralogical and chemical analyses of 94 sherds show that the potters of the workshops Berna, sector 25 and sector 23 used at least two different clays, a calcareous (mineralogically: calcite-rich or chemically: CaO-rich) and a non-calcareous (mineralogically: calcite-poor or chemically: CaO-poor) one. The pottery workshop sector 23, which produced almost a ceramic with a terra sigillata-derived clay coating, used preferentially the calcareous clay type for the manufacture of the common table pottery and the mortars. The use of a calcareous clay has recently been shown for the manufacture of the terra sigillata from the workshop La Péniche[41]. In the atelier sector 25 the jugs are also rich in CaO; it seems that the potters used a calcite-rich clay in order to produce a high porosity in this type of ceramics. Contrasting, the coarse pottery of the same place has been made from a non-calcareous clay.

The firing temperatures were probably higher and more constant in the workshop sector 25. In the other center (sector 23) oxidizing conditions prevail[42] and the reducing atmosphere was better controlled. The coexistence at the workshop sector 25 of ceramics fired under oxidizing as well as reducing conditions is only due to the fact that this center produced simultaneously pottery forms of mediterranean origin (clear paste) and local tradition (greyish paste).

Only one sherd is of probable foreign origin (n° 80, mortar with the stamp *CUNASIUS)*. All others can be grouped in at least two reference groups named *Lousonna* 1 (non calcareous) and *Lousonna* 2 (calcareous).

Abréviations

Augst. E. Ettlinger, Die Keramik der Augster Thermen, Ausgrabungen 1937–1938. Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 6, Basel, 1949.

Avenches 1974. M. Guisan, Les mortiers estampillés d'Avenches. Bull. de l'Assoc. Pro Aventico 22, 1974, 27–63.

Aventicum 1. G. Kaenel, Aventicum 1. Cahiers d'archéologie romande 1, Avenches, 1974.

Berne-Enge 1979. E. Ettlinger et K. Roth-Rubi, Helvetische Reliefsigillaten und die Rolle der Werkstatt Bern-Enge, Acta Bernensia VIII, Bern, 1979.

Berne-Engemeistergut. K. Roth-Rubi, Die Keramik vom Engemeistergut (Engehalbinsel/Bern) (Grabung 1968/1969). JbBHM 55–58, 1975–1978, 145–177.

Berne-Enge, Stempel. E. Ettlinger, Stempel auf römischer Keramik von der Engehalbinsel Bern. JbBHM 55–58, 1975–1978, 115–144.

Egloff 1967. M. Egloff, Premiers témoignages d'une industrie gallo-romaine de la céramique à Avenches. Bull. de l'Assoc. Pro Aventico 19, 1967, 5–32.

Ettlinger-Müller 1977. E. Ettlinger et E. Müller, VEPOTALUS. Festschrift Walter Drack, Zürich, 1977, 95–103.

Genève. D. Paunier, La céramique gallo-romaine de Genève, de la Tène finale au royaume burgonde. Mémoires et Documents de la Société d'Histoire et d'archéologie de Genève, série in–4, t. 9, 1981. Genève, 1981.

Haltern. S. Loeschcke, Keramische Funde in Haltern. Mitteil. der Altertumskommission für Westfalen 5, 1909, 101–322.

Kaenel 1977. G. Kaenel, Lousonna, La promenade archéologique de Vidy. Guides archéologiques de la Suisse 9, 1977.

Lousonna 1. Lousonna. Bibliothèque historique vaudoise 42, Lausanne, 1969.

Lousonna 2. G. Kaenel, M. Klausener et S. Fehlmann, Nouvelle recherches sur le vicus gallo-romain de Lousonna (Vidy/Lausanne). Lousonna 2. Cahiers d'archéologie romande 18, Lausanne, 1980.

Lousonna 3. G. Kaenel et S. Fehlmann, Un quartier de Lousonna – La fouilles de «Chavannes 7» 1974/75 et 1977. Lousonna 3. Cahiers d'archéologie romande 19, Lausanne, 1980.

Lousonna 4. A. Laufer, La Péniche. Un atelier de céramique à Lousonna (1er s. apr. J.-C.). Lousonna 4. Cahiers d'archéologie romande 20, Lausanne, 1980.

Murain. H. Grütter et A. Bruckner, Der gallo-römische Gutshof auf dem Murain bei Ersingen. JbBHM 45–46, 1965–1966, 373–447.

Roth, *Krüge.* K. Roth-Rubi, Untersuchungen an den Krügen von Avenches. Rei Cretariae Romanae Fautores, Supplementa 3, Augst/Kaiseraugst, 1979.

Soleure. K. Roth-Rubi, Die Gebrauchskeramik von der Fundstelle Solothurn-Kreditanstalt, Grabung 1964. Jb. für Solothurnische Geschichte 48, 1975, 241–351.

Vindonissa. E. Ettlinger et Ch. Simonett, Römische Keramik aus dem Schutthügel von Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 3, Basel, 1952.

Yverdon. M. Sitterding, La céramique de l'époque de La Tène à Yverdon, fouilles de 1961. JbSGUF 52, 1965, 100–111.

Notes

1. La totalité de cette céramique est déposée dans les réserves du Musée romain de Vidy; seule une partie est exposée.
2. *Lousonna* 4. Les appellations des ateliers de Lousonna ont été définies par le comité de l'Association pro Lousonna (28. 2. 1979); les secteurs dont il est question correspondent aux divisions adoptées dans le volume *Lousonna* 1.
3. D. Paunier et G. Kaenel, Moules pour fabrication de céramique sigillée à Lousonna (Lausanne-Vidy VD), AS 4, 1981, 3, 120–126.
4. *Lousonna* 1, 90; fig. 142; E. Ettlinger, UFAS V, Abb. 17; Kaenel 1977, 20; fig. 29.
5. *Lousonna* 3, 7.
6. La récolte des vestiges est due à A. Laufer et A. Kasser. Seuls deux fragments de sigillée italique associés à ce complexe ont été publiés: 1 bord de coupe Haltern 7, service 1 b, auquel appartient probablement le pied estampillé *L. TITI: Lousonna* 1, 200; pl. 19, 8; 28, 121; A. Laufer les a recueillis mêlés aux témoins de production locale, ce qui ne constitue qu'un *terminus post quem* (voir *infra*, 104).
7. *Lousonna* 1, 88–90.
8. Ces tessons ont été recueillis par A. Laufer dans le secteur «Q 49» du plan des travaux, dans le cheminement du trax.
9. Du complexe portant l'ancienne appellation «Q 49», plusieurs fragments ont été mentionnés et illustrés: *Lousonna* 1, pl. 23, 3–4; pl. 26, 5 bis (estampille italique non figurée du potier *Onesimus*); pl. 26, 33 (estampille italique d'*Ateius*); pl. 35, 265 (estampille de *Vitalis*, de la Graufesenque); pl. 36, 317 (estampille non déchiffrée); pl. 53, 8–9, 11, 14; pl. 54, 7, 20; pl. 55, 1–3, 5; pl. 56, 5; pl. 58, 1–2, 4–5; pl. 59, 1, 9, 15, 20–21; pl. 60, 2, 4, 13; pl. 61, 2, 6, 8, 10. Comme nous l'avons relevé, ni la position stratigraphique, ni la provenance exacte de ces fragments ne sont assurées; certains d'entre eux peuvent toutefois être assimilés à l'ensemble des productions locales de l'atelier du secteur 25.
10. Egloff 1967, 15–16; *Lousonna* 1, 83; fig. 125, 127–129; l'étude spéciale qui devait leur être consacrée (83, note 1) n'a jamais paru; *Aventicum* 1, 28; Kaenel 1977, 20 (mention erronée d'un seul four) et fig. 27; *Berne-Enge* 1979, *passim*; *Berne-Engemeistergut*, 157.
11. La documentation originale qui nous est parvenue est conservée, comme l'ensemble des documents relatifs aux fouilles de Vidy, aux Archives cantonales vaudoises.
12. Les vestiges ont été identifiés par A. Laufer alors qu'il effectuait ses recherches sur l'atelier de la Péniche (voir *Lousonna* 4).
13. Ces sondages étaient dirigés par G. Kaenel; voir *Lousonna* 2, 77; pl. 13–17.
14. Projet du Fonds national suisse de la recherche scientifique, dont Mme E. Ettlinger est l'initiatrice.
15. Pour la Péniche voir *Lousonna* 4, 81–95.
16. Le choix des pièces a été effectué le 29. 3. 1978 par E. Ettlinger, G. Kaenel, A. Laufer et M. Maggetti.
17. Les dessins ont été effectués par E. Lengler, grâce à un subside de l'Association pro Lousonna.
18. *Genève*, 29–41.
19. *Lousonna* 3, pl. 2, 13–16.
20. Voir *Lousonna* 2, pl. 13, 138-139.
21. *Lousonna* 2, pl. 15, 167–171.
22. *Lousonna* 2, pl. 14, 143–145.
23. *Lousonna* 2, pl. 13–17, 77.
24. *Lousonna* 2, pl. 17, 183, 185.
25. Ettlinger-Müller 1977; complément des estampilles de *Vepotalus* (Vidy, nos 17–18) dans *Lousonna* 2, 155.
26. La banalité typologique des productions de l'atelier Berna nous a dispensé de rechercher des parallèles sur le territoire helvétique.
27. *Lousonna* 4.
28. Voir notre catalogue, nos 24, 27, 32.
29. Notamment un bord comme Roth, *Krüge*, no 49.
30. Pour les références comparatives, nous renvoyons le lecteur aux notices du catalogue.
31. Pour les découvertes publiées dans *Lousonna* 1, voir *supra*, note 4. Dans les réserves du musée de Vidy, nous avons relevé une assiette grise Drack 4 (Hofheim 2), estampillée *Sabinus*, provenant probablement de l'atelier du Stade, un bol caréné Drack 21, les formes Drag. 18, 22/23. Hofheim 1 et 12 en terre sigillée, toutes caractéristiques du milieu du 1er siècle, enfin des imitations en technique noire des coupe Haltern 7 et Drag. 24/25.
32. Voir récemment *Berne-Enge* 1979, 79–80. Aucune des formes présentes à Vidy, exception faite du bol Drag. 37, n'est attestée dans les ateliers de Portout et de Conjux (Savoie), dont les productions remontent à la fin du 3e et au 4e siècle (premier aperçu dans Archeologia 124, nov. 1978, 43).

33. *Berne-Enge* 1979, 76.
34. *Ibidem*, pl. 36/37 *et seq.*
35. Cf. *Lousonna* 1, pl. 53/23.
36. Cf. *Lousonna* 1, pl. 55/9.
37. C'est le cas, généralement, dans les colonies; quelques exemples: Colchester. R. Hull, The Roman Potter's Kilns of Colchester. Oxford, 1963; Augst: R.-M. Swoboda, Die Töpfereibezirke am Südostrand von Augusta Raurica, HA 2/1971-5, 7-21; Cologne: Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern, Bd. 37/2, Köln, I, 2, Mainz, 1980, Beilage 2. A Baden, Thonon ou Saint-Romain-en-Gal, l'activité des potiers semble également regroupée.
38. A. Leibundgut, Die römischen Lampen in der Schweiz. Bern, 1977, 85, fig. 10.
39. Voir *supra*, note 3.
40. Ces conclusions ont été établies par l'ensemble des auteurs.
41. *Lousonna* 4, 83-84; M. Maggetti, Composition of Roman Pottery from Lousonna (Switzerland), British Museum Occasional Paper, 19, 1981, 36, fig. 2.
42. Les gobelets à dépressions de couleur grise à gris foncé font exception: voir catalogue, n°s 46, 47, 49, 53, 59, 61.

II. Die Referenzgruppe(n) *LOUSONNA* - mineralogische und chemische Untersuchungen der keramischen Produktion der Töpferwerkstätten Berna, Sektor 25 und Sektor 23.

1. Ziel der naturwissenschaftlichen Untersuchung

Der Einsatz naturwissenschaftlicher Methoden im Rahmen der Archäologie ist nie Selbstzweck, sondern dient letzten Endes der Beantwortung dreier Fragen:

1. Wann wurde das Objekt hergestellt?
2. Wie wurde es fabriziert?
3. Woher stammt es?

Währenddem zur Beantwortung der ersten Frage vorwiegend physikalische Verfahren (C-14-Methode, Thermolumineszenz) eingesetzt werden, führen in der zweiten Fragestellung mehr phasenanalytische und mineralogisch-optische Methoden zum Ziele. Der dritte Problemkreis wird speziell mit chemischen Analysen angegangen, obwohl hier die Polarisationsmikroskopie (Dünnschliffe) auch gute Erfolge aufweisen kann (*Marro* et al. 1979).

Grundlage jeglicher *Herkunftsbestimmung* auf chemischer Basis sind die sogenannten Referenzgruppen; darunter versteht man eine Anzahl chemischer Analysen, die die Produktion einer bestimmten Werkstatt, Gruppe von Werkstätten oder einen bestimmten Keramiktyp charakterisieren bzw. repräsentieren. Bevor eine der brennendsten Fragen der Archäologen (Import oder lokale Herstellung?) beantwortet werden kann, müssen zuerst in zeitraubender und langwieriger Arbeit die notwendigen Referenzgruppen erstellt werden. Sind nun alle in Frage kommenden Gruppen untersucht, so kann das fragliche Objekt anhand seiner chemischen Parameter der «passendsten» Gruppe zugeordnet werden, wobei immer noch die Möglichkeit offengelassen werden muss, dass es zu einer neu auftauchenden Referenzgruppe noch besser passen kann und demnach eher von dort stammen wird. Es leuchtet ein, dass die Analysen für eine Referenzgruppe eine möglichst grosse Zahl von Proben umfassen sollten, die von archäologisch gesichertem Material stammen; wichtig ist ferner, dass mindestens einige Fehlbrände und der lokale Ton mituntersucht werden.

In Fortführung der beispielgebenden Untersuchungen von *Picon* und Mitarbeitern (1970-1977) wurde in mehreren Publikationen (*Küpfer* und

Maggetti 1978, *Maggetti* 1980, 1981a, *Maggetti* et al. 1980) das Terra-Sigillata-Atelier von La Péniche (*Laufer* 1980) als mineralogisch-chemische Referenzgruppe definiert. Ziel vorliegender Arbeit ist es nun, die chemischen und technologischen Eigenschaften der Produktion dreier benachbarter Werkstätten (Berna, Sektor 25 und 23) vorzustellen und die entsprechenden Referenzgruppen zu erarbeiten.

Unser naturwissenschaftlicher Beitrag geht detailliert auf spezifisch chemisch-mineralogische Aspekte der Untersuchung ein. Dies ist zwar für die Schlussfolgerungen notwendig, aber für den archäologischen Fachmann schon aufgrund der fremdartigen Terminologie im einzelnen wohl schwer nachzuvollziehen. Aus diesem Grunde wurde eine Zusammenfassung der naturwissenschaftlichen Ergebnisse im ersten, archäologisch ausgerichteten Teil der Arbeit gegeben.

2. *Probenmaterial und Analysenverfahren*

Es wurden insgesamt 94 Proben untersucht (Atelier Berna n = 5, Atelier Sektor 25 n = 40, Atelier Sektor 23 n = 49). Die Analysenzahl der Scherben aus den Werkstätten Sektor 25 und 23 schien uns statistisch genügend gesichert, um aussagekräftige Referenzgruppen zu erstellen. Im Falle des Ateliers Berna konnten aus den im ersten Teil dieser Arbeit beschriebenen Gründen keine genügend grosse Anzahl Proben bereitgestellt werden.

Probenvorbereitung: von jedem Objekt wurden mit der Diamantsäge ca. 5 g abgeschnitten, die Oberfläche für die chemischen Proben abgeschliffen und in einer Wolframkarbidmühle fein gepulvert.

Dünnschliffe: Atelier Berna = Probe Nr. 5. Atelier Sektor 23 = Proben Nr. 70–73, 75, 79–82, 84, 85, 89, 94.
Atelier Sektor 25 = Proben Nr. 10, 14, 17, 19, 24, 26, 28–30, 32–36, 39, 40, 42–45.

Röntgenfluoreszenzanalyse: Für die Messung der Hauptelemente (Si-P) sind jeweils aus 900 mg geglühter Probe (1 Stunde bei 1000 °C) und 5,4 g einer Mischung aus Li-Tetraborat, Li-Karbonat und Lanthanoxid, Glasscheiben hergestellt worden. Die Spurenelemente wurden direkt an Presslingen der getrockneten Proben (24 Stunden bei 110 °C) analysiert. Als Bindemittel diente eine gesättigte Mowiol-Lösung. Die Messung erfolgte mit einem Siemens-SRS-1 Röntgenspektrometer. Die Tabelle 1 gibt Auskunft über die Reproduzierbarkeit, die im Laufe der zwei Messserien durch je 15 Einzelmessungen derselben Probe ermittelt wurde.

Tab. 1. Reproduzierbarkeit (s_{rel} in %).

SiO_2	0.28–0.53	GV	n.b.
TiO_2	0.45–0.76	Fe_{tot}	0.44
Al_2O_3	0.39–0.56	Ba	0.60–0.97
Fe_2O_3	0.44	Zr	1.23–1.40
FeO	n.b.	Sr	1.97–2.49
MnO	0.53–1.66	Rb	1.60–4.58
MgO	1.29–1.66	Zn	0.46–0.63
CaO	0.34–0.36	Cu	0.55–0.82
Na_2O	0.91–1.56	Ni	0.70–1.08
K_2O	0.33–0.66	Cr	0.55–1.19
P_2O_5	0.84–2.12		

Röntgendiffraktometrie: jede gepulverte Probe (ausser Nr. 2, 46, 51, 55, 57, 76) wurde unter normalen Standardbedingungen (CuK$_\alpha$, 3–65° 2 ϑ) geröntgt.

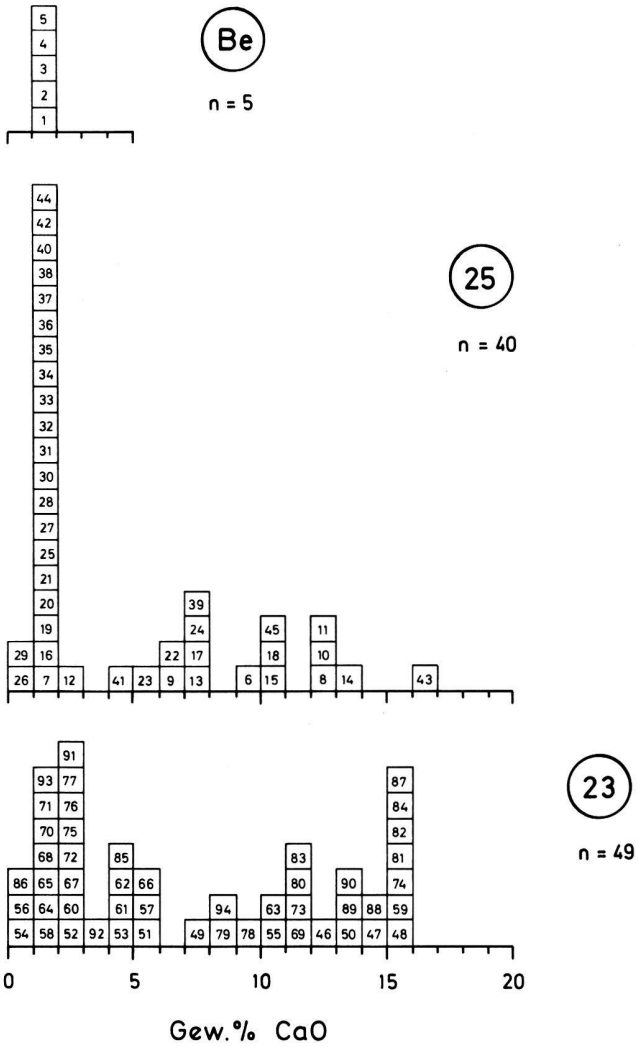


Abb. 11. CaO-Histogramm der Keramik der drei Ateliers Berna (Be), Sektor 25 (25) und Sektor 23 (23). Jedes Quadrat entspricht einer chemischen Analyse, d. h. einer Probe (Proben-Nummer im Quadrat).

Raumgewicht: Auftriebsmethode in Quecksilber. 32 Proben untersucht. Mindestgewicht pro Probe = 0,5–1 g.

Spezifisches Gewicht: Wasserpyknometer, 50 ml Fassungsvermögen, mit Thermometer. Mindestgewicht pro Probe = 1 g. 32 Proben untersucht.

3. *Chemische Untersuchung*

Die chemischen Analysen sind in der Tabelle 2 aufgeführt und werden im folgenden besprochen.

3.1. Kalkarme und kalkreiche Keramik

Ein Blick auf das CaO-Histogramm (Abb. 11) lässt die weite Streuung der untersuchten 94 Scherben erkennen (0–17 Gew.% CaO). Die Proben können aber in erster Näherung zwei Varietäten zugeordnet werden, einer CaO-armen (kalkarmen) und einer CaO-reichen (kalkreichen); die Grenze zwischen beiden liegt bei ca. 3 Gew.% CaO. Das chemisch ermittelte CaO wird im Rohton mineralogisch in Form von Kalzit ($CaCO_3$, s. weiter hinten) vorgelegen haben; dadurch entspricht ein CaO-armer Scherben einem kalzitarmen, ein CaO-reicher Scherben einem kalzitreichen Ton (= Mergel).

Aus den unterschiedlichen CaO-Gehalten ist also abzuleiten, dass die gallo-römischen Töpfer mindestens *zwei verschiedene Sorten von Rohstoffen verwendeten*, einen kalzitarmen und einen kalzitreichen, mergeligen Ton. Die breite Streuung bei höherem CaO-Gehalt resp. die erkennbaren Untermaximas zeigen, dass die Handwerker keine Homogenisierung ihrer Produkte (zumindest bezüglich CaO-Gehalt) erzielten bzw. gar nicht anstrebten. Die CaO-Schwankungen sind demnach primär bedingt, d.h. jedes Untermaximum im CaO-Gehalt entspricht einer anderen Schicht im ausgebeuteten Tonlager. In Anlehnung an *Picon* (z.B. 1973) hat *Maggetti* (1980, 1981a) für das benachbarte Terra-Sigillata-Atelier von La Péniche postuliert, dass die dortigen Produzenten gezielt mergelige Tone eingesetzt haben. Eine solche Rohstoff-Auslese scheint im Falle der *Feinkeramik* der Werkstätten der Sektoren 23 und 25 auch für die Krüge zuzutreffen, die fast alle (ausser Nr. 12, 16) zur kalkreichen Varietät gehören. Der *bewusste Einsatz mergeliger Tone* könnte technologisch bedingt sein; die beim Brand solcher Rohstoffe entstehende grosse (offene) Porosität begünstigt die Verdunstung der im Krug enthaltenen Flüssigkeit und bewirkt so deren Kühlung. Die übrigen feinkeramischen Typen sind wahllos aus kalkarmen wie kalkreichen Tonen verfertigt. Die *Grobkeramik* ist von Atelier zu Atelier verschieden. In der Töpferei des Sektors 25 ist sie mit Ausnahme der Nr. 24 kalkarm. In der jüngeren Werkstatt des Sektors 23 hingegen gehören alle Mörser (Nr. 80–85) zur kalkreichen Varietät, die restlichen Proben (Nr. 86, 92, 93, 94) zur kalkarmen. Auch hier ist zu vermuten, dass die Mörser nicht zufälligerweise aus mergeligen Rohstoffen hergestellt wurden, obwohl im Moment nicht entschieden werden kann, welche technologischen Eigenschaften erzielt werden sollten. Die Beobachtung, dass in der Werkstatt des Sektors 25 mehr Scherben zur kalkarmen Varietät gehören (57%) als

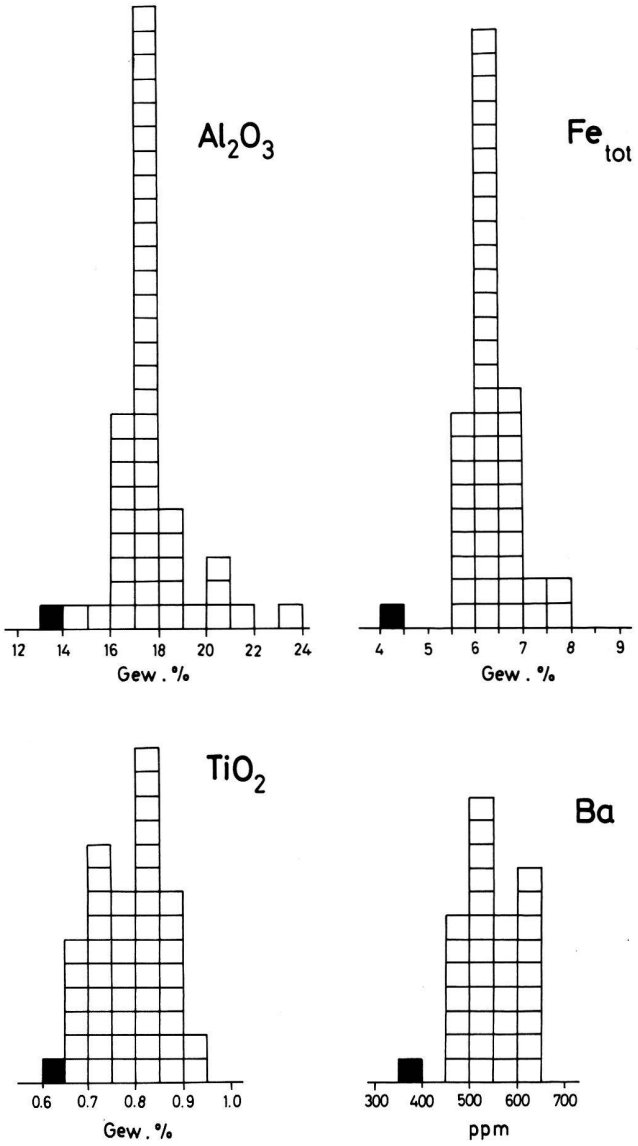


Abb. 12. Histogramme ausgewählter chemischer Oxide für die Keramik der Töpferei des Sektors 23. Die Probe Nr. 80 (gefülltes Quadrat) hebt sich deutlich von der übrigen, lokalen Keramik ab und muss als Import angesehen werden.

im Atelier des Sektors 23 (36%), ist demnach typologisch bedingt und auf die Probenauswahl zurückzuführen.

3.2. Importe

Während die Mehrzahl der Proben chemisch ähnlich sind, hebt sich der Mörser Nr. 80 in seiner chemischen Zusammensetzung deutlich ab (Abb. 12). Dieser Umstand und die weiteren unterschiedlichen Eigenschaften (z. B. Magerungsart, Porosität, Reduktionsverhältnis usw., s. weiter hinten) lassen den Schluss zu, dass das Stück wirklich gruppenfremd ist und nicht in Lousonna hergestellt wurde.

3.3. Bildung der Referenzgruppen

Nach der vorausgegangenen Darstellung erhebt sich die Frage, inwieweit sich die Ateliers von Lousonna in ihrer Produktion chemisch unterscheiden, d. h. inwieweit überhaupt jede Werkstatt eine eigenständige, gut abgrenzbare Referenzgruppe darstellt. Solche Fragestellungen können nur mit statistischen Rechenverfahren geklärt werden, bei denen nicht nur ein einziger (z. B. der CaO-Gehalt), sondern viele chemische Parameter gleichzeitig berücksichtigt werden. Die Clusteranalyse, kombiniert mit einer quadratischen Diskriminazanalyse nach *Picon* (nur Hauptelemente) führt zur Bildung von vier chemischen Scherbengruppen, die sich *nicht mit der Produktion der diversen Werkstätten decken* (Tab. 3, 4). Zur ersten Gruppe gehören CaO-arme, zur zweiten CaO-reiche feinkeramische Proben, zur dritten die grobkeramischen Scherben (Unterteilung je nach CaO-Gehalt) und zur vierten nicht klassierbares fein- und grobkeramisches Material. Der kritische CaO-Gehalt zwischen der Gruppe 1 und 2 liegt hier bei 5–6 Gew.%.

Unter den nicht klassierbaren Scherben befindet sich das Importstück Nr. 80; die restlichen Proben weichen zwar von den Mittelwerten der diversen Gruppen ab, aber nicht so stark, um sie als eindeutige Importe zu definieren. Sie passen zudem zu kei-

Tab. 2. Chemische Analysen der Scherben Nr. 1 bis 94. Fe_{tot} als Fe_2O_3. GV = Glühverlust. Bei Proben ohne Bestimmung von MnO und der Spurenelemente reichte die vorhandene Probenmenge nicht zur Herstellung des Pulverpresslings.

Gew. %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	65.93	66.42	66.37	65.84	65.99	54.84	65.02	51.22	59.91	53.35
TiO_2	0.86	0.86	0.85	0.87	0.87	0.79	0.83	0.79	0.77	0.76
Al_2O_3	16.45	16.64	16.52	16.62	16.54	19.55	17.96	19.70	18.60	18.79
Fe_{tot}	7.18			7.29	7.22	6.62		6.74	6.29	6.37
Fe_2O_3		4.21	2.28				2.33			
FeO		2.58	4.44				4.37			
MnO		0.22		0.23	0.23	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
MgO	3.64	3.54	3.67	3.53	3.63	3.41	2.92	3.28	3.04	3.54
CaO	1.62	1.54	1.57	1.40	1.42	9.91	1.55	12.04	6.42	12.66
Na_2O	1.07	1.12	1.01	1.13	1.05	0.83	1.15	0.68	1.13	1.58
K_2O	2.60	2.64	2.83	2.79	2.74	3.39	3.40	3.18	3.49	2.42
P_2O_5	0.59	0.40	0.17	0.26	0.27	0.80	0.13	2.45	0.62	0.73
Total	99.94	100.17	99.71	99.96	99.96	100.25	99.76	100.18	100.36	100.29
GV	1.52	0.95	0.16	1.31	1.14	2.92	0.02	4.45	2.55	3.12
H_2O^-	0.65	0.30	0.13	0.06	0.28	1.10	0.10	2.15	1.04	0.94
ppm										
Ba		484		452	468	629	516	834	629	624
Zr		159		163	163	127	164	120	147	130
Sr		89		82	81	272	86	323	191	293
Rb		119		129	127	119	154	120	138	149
Zn		132		128	133	94	128	110	105	84
Cu		49		58	58	35	43	38	39	38
Ni		253		257	256	90	78	91	87	88
Cr		196		192	203	88	90	87	90	84

Tabelle 2 (Fortsetzung 1)

Gew. %	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO_2	52.84	63.51	57.89	53.58	53.40	64.37	54.39	59.69	65.37	65.35
TiO_2	0.79	0.84	0.80	0.75	0.79	0.85	0.91	0.77	0.85	0.83
Al_2O_3	19.26	18.18	18.83	18.52	19.49	18.12	21.30	15.49	18.25	17.85
Fe_{tot}	6.68	7.23	6.57	6.31	6.71	6.95				6.96
Fe_2O_3							5.37	3.69	4.50	
FeO							2.01	2.29	2.59	
MnO	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.08	0.10
MgO	3.66	2.96	3.19	3.53	3.48	3.07	2.67	2.24	2.89	2.83
CaO	12.16	2.42	7.54	13.00	10.73	1.94	7.57	10.27	1.04	1.84
Na_2O	1.85	1.17	0.89	1.88	0.82	1.20	0.81	0.87	1.15	1.25
K_2O	1.98	3.36	3.57	2.19	3.48	3.52	3.55	2.82	3.34	3.43
P_2O_5	0.98	0.34	0.65	0.53	1.06	0.14	1.61	1.69	0.24	0.12
Total	100.30	100.10	100.02	100.38	100.05	100.25	100.32	99.95	100.30	100.56
GV	2.42	1.21	2.89	2.88	2.33	1.17	7.67	5.33	4.75	0.75
H_2O^-	0.80	0.31	0.99	0.66	1.04	0.15	0.00	0.59	0.06	0.11
ppm										
Ba	704	539	623	573	756	500	889	623	610	488
Zr	129	178	139	127	128	164	139	176	163	172
Sr	308	113	209	294	286	90	226	211	93	92
Rb	157	161	133	175	126	146	131	102	143	153
Zn	90	110	115	89	82	127	127	88	132	126
Cu	37	41	61	37	34	45	47	33	50	45
Ni	94	83	86	83	90	83	92	98	82	83
Cr	88	124	88	80	88	90	100	84	90	91

Tabelle 2 (Fortsetzung2)

Gew. %	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO_2	64.58	60.89	61.27	66.49	71.23	75.05	67.60	64.23	72.96	64.58
TiO_2	0.85	0.86	0.77	0.66	0.85	0.70	0.81	0.84	0.82	0.85
Al_2O_3	18.19	18.21	17.77	14.24	16.52	14.13	17.21	18.11	15.54	18.53
Fe_{tot}			6.28							7.73
Fe_2O_3	5.81	3.01		2.57	2.31	1.98	2.33	1.25	1.16	
FeO	1.40	3.75		2.15	2.72	2.29	3.74	5.26	3.66	
MnO	0.11	0.06	0.09	0.07	0.05	0.03	0.12	0.08	0.05	0.09
MgO	2.76	2.72	3.17	1.46	1.72	1.04	2.78	2.93	1.29	2.93
CaO	1.39	6.16	5.76	7.71	1.03	0.92	1.17	1.40	0.94	1.18
Na_2O	1.14	0.90	1.18	0.98	0.65	0.77	1.25	1.25	0.52	1.15
K_2O	3.22	2.86	3.35	3.00	2.77	2.72	3.26	3.22	2.64	3.40
P_2O_5	1.03	0.62	0.18	0.52	0.37	0.17	0.21	0.46	0.16	0.10
Total	100.48	100.04	99.82	99.85	100.22	99.80	100.48	99.03	99.74	100.54
GV	3.35	1.24	1.07	2.86	0.87	1.54	0.44	0.72	0.46	1.03
H_2O^-	0.41	0.46	0.34	0.10	0.22	0.10	0.10	0.40	0.11	0.12
ppm										
Ba	832	639	515	554	568	514	514	606	469	541
Zr	173	143	159	196	261	258	180	177	251	159
Sr	142	175	214	228	124	141	89	121	147	85
Rb	156	122	150	128	157	154	143	157	157	146
Zn	176	107	100	99	125	105	136	119	113	129
Cu	47	27	33	35	47	38	38	31	34	50
Ni	85	122	75	52	52	44	83	77	45	79
Cr	91	109	110	60	80	73	86	123	82	88

Tabelle 2 (Fortsetzung 3)

Gew. %	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO_2	64.45	71.58	71.33	64.84	64.66	72.08	70.02	64.64	58.79	65.09
TiO_2	0.86	0.78	0.84	0.87	0.87	0.77	0.75	0.84	0.81	0.85
Al_2O_3	18.27	15.44	16.39	18.53	18.55	14.75	16.02	18.09	17.88	18.25
Fe_{tot}	7.75							7.20		
Fe_2O_3		2.37	1.57	2.00	2.24	3.24	3.50		2.99	3.25
FeO		2.35	3.31	5.26	4.74	1.95	1.50		3.58	3.85
MnO	0.10	0.04	0.03	0.10	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10
MgO	3.01	1.25	1.19	3.01	3.09	1.29	1.70	2.99	3.32	2.95
CaO	1.39	1.97	1.11	1.09	1.21	1.84	1.59	1.19	7.28	1.18
Na_2O	1.12	0.67	0.74	1.02	1.07	0.88	0.63	1.07	1.01	1.17
K_2O	3.59	2.75	2.82	3.47	3.53	2.41	3.00	3.56	3.19	3.43
P_2O_5	0.12	0.61	0.41	0.15	0.13	0.67	0.65	0.12	1.04	0.13
Total	100.66	99.81	99.74	100.34	100.18	99.95	99.43	99.78	99.99	100.25
GV	1.11	3.65	1.26	0.26	0.01	3.57	3.80	0.75	1.91	0.20
H_2O^-	0.17	0.04	0.11	0.05	0.06	0.09	1.62	0.14	0.22	0.05
ppm										
Ba	511	622	544	516	509	674	759	514	636	527
Zr	159	261	246	165	164	251	193	162	146	170
Sr	86	172	145	81	83	183	205	76	196	82
Rb	146	155	162	153	148	128	154	155	116	150
Zn	134	120	115	130	141	114	121	134	108	129
Cu	47	60	42	27	44	41	45	43	25	44
Ni	80	51	42	81	83	47	63	80	89	76
Cr	91	78	81	93	91	74	107	91	93	95

Tabelle 2 (Fortsetzung 4)

Gew. %	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
SiO_2	64.01	61.43	55.13	65.27	53.65	55.40	52.71	52.05	56.08	53.51
TiO_2	0.78	0.91	0.68	0.84	0.82	0.72	0.70	0.69	0.89	0.73
Al_2O_3	16.49	19.79	14.98	18.17	20.28	16.89	17.46	17.04	20.46	17.88
Fe_{tot}			5.74	7.10				6.11		6.06
Fe_2O_3	0.71	3.23			5.12	3.86	4.34		5.46	
FeO	5.08	4.04			1.60	1.82	1.34		1.81	
MnO	0.12	0.14	0.09	0.12	0.09		0.10		0.10	0.18
MgO	2.70	3.71	2.99	2.92	3.32	3.04	3.42	3.45	3.41	3.41
CaO	4.40	1.09	16.63	1.14	10.87	12.50	14.80	15.93	7.06	13.31
Na_2O	1.21	0.58	0.75	1.13	0.74	0.88	0.64	0.70	0.71	0.57
K_2O	3.06	3.36	2.39	3.45	2.97	3.53	3.59	3.64	3.53	3.51
P_2O_5	0.26	0.29	1.08	0.09	0.64	0.96	0.90	0.92	0.87	0.95
Total	98.82	98.53	100.46	100.23	100.10	99.60	100.00	100.53	100.38	100.11
GV	0.46	1.13	12.28	0.97	3.41	4.22	8.82	7.64	6.65	6.73
H_2O^-	0.11	0.22	3.20	0.09	0.16	0.55	2.33	2.09	0.67	2.74
ppm										
Ba	480	528	530	523	682				633	626
Zr	194	154	139	166	118				149	126
Sr	141	85	257	83	248				227	348
Rb	146	179	70	154	106				124	119
Zn	93	130	98	135	93				164	86
Cu	36	42	29	52	31				38	26
Ni	92	189	83	79	93				101	72
Cr	127	227	62	89	89				98	80

Tabelle 2 (Fortsetzung 5)

Gew. %	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SiO_2	65.47	67.15	63.80	61.32	55.42	61.28	62.80	59.65	51.10	62.47
TiO_2	0.78	0.81	0.83	0.85	0.78	0.91	0.82	0.90	0.74	0.84
Al_2O_3	15.89	16.34	17.48	20.15	18.06	20.18	17.01	21.13	17.94	19.27
Fe_{tot}	5.99	6.24		7.41		7.52				6.99
Fe_2O_3			3.66		4.04		4.99	6.47	4.91	
FeO			2.31		1.88		1.16	1.14	1.27	
MnO		0.17	0.10			0.17			0.08	0.18
MgO	2.32	2.57	2.76	3.39	3.11	3.49	2.74	3.47	3.46	3.04
CaO	5.68	2.78	4.35	0.81	10.84	0.73	5.71	1.23	15.67	2.15
Na_2O	1.10	1.08	1.03	1.01	0.89	1.13	0.89	1.10	0.73	0.92
K_2O	3.03	3.28	3.36	4.62	3.24	4.31	3.41	4.50	3.22	4.22
P_2O_5	0.21	0.19	0.25	0.16	1.31	0.15	0.33	0.13	0.86	0.20
Total	100.47	100.61	99.93	99.72	99.57	99.87	99.86	99.72	99.98	100.28
GV	2.36	1.20	2.16	1.43	4.93	1.28	2.61	1.17	4.41	1.65
H_2O^-	0.34	0.25	0.38	0.30	0.80	0.22	0.39	0.19	1.00	0.25
ppm										
Ba		500				593			592	558
Zr		179				156			127	155
Sr		126				68			354	96
Rb		148				173			114	173
Zn		110				144			84	128
Cu		47				51			30	41
Ni		97				106			80	98
Cr		93				104			72	102

Tabelle 2 (Fortsetzung 6)

Gew. %	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
SiO_2	64.26	61.22	54.90	67.34	66.69	62.14	65.40	67.06	54.39	66.81
TiO_2	0.82	0.84	0.76	0.87	0.87	0.79	0.89	0.88	0.74	0.86
Al_2O_3	16.47	18.22	18.53	17.33	17.58	17.36	17.35	17.58	17.59	17.52
Fe_{tot}	6.44		6.34	6.67	6.81		6.69	6.81	6.39	6.76
Fe_2O_3		4.03				5.99				
FeO		2.26				0.21				
MnO	0.13	0.14	0.11	0.15	0.15	0.13	0.16	0.16	0.10	0.15
MgO	2.72	2.93	3.70	2.47	2.49	2.69	2.73	2.53	3.88	2.45
CaO	4.25	4.78	10.66	1.11	1.12	5.68	2.48	1.13	11.75	1.13
Na_2O	1.09	1.01	0.84	0.92	1.13	1.02	1.03	0.93	0.83	1.01
K_2O	3.33	3.96	3.74	3.21	3.25	3.29	3.27	3.22	3.69	3.26
P_2O_5	0.22	0.47	0.75	0.18	0.17	0.31	0.22	0.16	0.94	0.20
Total	99.73	99.86	100.33	100.25	100.26	99.61	100.22	100.46	100.30	100.15
GV	1.71	2.89	2.78	1.15	1.08	1.76	1.46	1.18	10.93	1.15
H_2O^-	0.30	0.25	1.41	0.19	0.15	0.63	0.35	0.20	3.12	0.17
ppm										
Ba	498	611	603	496	499	518	527	499	624	509
Zr	175	156	137	194	193	171	170	190	120	204
Sr	138	141	380	94	97	208	108	97	246	100
Rb	143	155	158	150	144	151	140	156	123	149
Zn	113	131	66	121	121	89	126	122	110	117
Cu	47	36	32	47	46	30	50	48	42	48
Ni	94	96	79	105	106	89	109	104	80	105
Cr	92	94	95	105	102	118	103	108	62	106

Tabelle 2 (Fortsetzung 7)

Gew. %	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
SiO_2	66.28	67.58	54.92	51.20	67.01	66.70	66.31	52.96	59.57	63.34
TiO_2	0.84	0.80	0.75	0.71	0.85	0.85	0.86	0.93	0.80	0.65
Al_2O_3	17.43	16.37	18.23	17.78	16.61	16.75	16.96	23.03	17.65	13.64
Fe_{tot}	6.48		6.24	6.17	6.44	6.40	6.51	5.96	6.37	
Fe_2O_3		3.36								1.21
FeO		2.63								2.85
MnO	0.13	0.17	0.11		0.15		0.15		0.12	0.07
MgO	2.43	2.37	3.12	3.18	2.37	2.58	2.57	2.07	2.93	2.67
CaO	1.14	2.46	11.16	15.53	2.11	2.45	2.31	9.69	8.15	11.96
Na_2O	1.05	0.98	0.77	0.83	1.27	1.08	1.08	0.38	0.81	0.94
K_2O	3.17	2.97	3.77	3.75	3.20	3.28	3.28	4.88	3.55	2.63
P_2O_5	0.21	0.20	0.90	0.93	0.33	0.21	0.19	0.42	0.33	0.14
Total	99.16	99.89	99.97	100.08	100.34	100.30	100.22	100.32	100.28	100.10
GV	1.07	1.35	4.20	6.36	1.99	1.02	1.30	1.02	2.51	1.09
H_2O^-	0.22	0.10	1.98	1.61	0.37	0.20	0.23	0.29	0.60	0.12
ppm										
Ba	512	522	639		589		504		552	370
Zr	191	169	138		188		186		145	199
Sr	110	115	348		110		114		235	225
Rb	151	145	154		145		152		151	116
Zn	103	115	74		126		120		111	85
Cu	41	32	30		46		43		42	40
Ni	98	102	76		100		104		85	53
Cr	139	98	99		97		94		74	55

Tabelle 2 (Fortsetzung 8)

Gew. %	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
SiO_2	52.09	52.35	56.44	51.94	63.16	69.52	51.27	52.95	52.80	53.35
TiO_2	0.71	0.70	0.68	0.68	0.82	0.84	0.73	0.71	0.76	0.74
Al_2O_3	17.88	17.66	17.25	17.18	17.59	16.07	18.25	17.69	17.93	17.54
Fe_{tot}	5.99	5.95	5.57	5.76	6.45	6.33	6.19	6.02		6.28
Fe_2O_3									5.38	
FeO									0.89	
MnO	0.10	0.10	0.13	0.10	0.12	0.15	0.10		0.12	0.12
MgO	3.28	3.33	2.76	3.29	2.70	2.40	3.17	3.29	3.40	3.43
CaO	15.31	15.27	11.98	15.43	4.05	0.94	15.65	14.54	13.43	13.76
Na_2O	0.74	0.66	1.06	0.76	0.97	1.12	0.71	0.75	0.76	0.80
K_2O	3.67	3.66	3.84	3.51	3.33	3.00	3.27	3.78	3.72	3.68
P_2O_5	0.72	0.64	0.65	0.66	0.21	0.18	1.21	0.56	0.86	0.53
Total	100.49	100.32	100.36	99.31	99.40	100.55	100.55	100.29	100.05	100.23
GV	6.47	7.51	5.62	6.01	1.32	0.95	6.69	5.47	5.70	4.38
H_2O^-	1.78	2.20	1.45	1.64	0.34	0.19	2.09	1.80	0.05	1.26
ppm										
Ba	553	523	495	619	507	473	587		611	513
Zr	120	119	134	123	187	213	119		127	125
Sr	327	309	290	415	178	89	322		292	300
Rb	123	120	138	128	161	137	112		135	129
Zn	84	94	91	79	95	116	87		90	84
Cu	31	34	30	24	37	51	35		34	28
Ni	73	75	69	68	94	104	77		77	75
Cr	63	57	53	80	130	98	67		71	68

Tabelle 2 (Fortsetzung 9)

Gew. %	91	92	93	94
SiO_2	64.36	64.93	72.35	58.77
TiO_2	0.89	0.81	0.69	0.79
Al_2O_3	17.76	16.93	14.38	17.79
Fe_{tot}	6.98	6.67	5.52	6.44
Fe_2O_3				
FeO				
MnO	0.14	0.25	0.26	0.13
MgO	2.82	2.44	1.95	2.95
CaO	2.24	3.25	1.10	8.41
Na_2O	0.86	1.03	1.25	0.98
K_2O	3.43	3.31	2.73	3.68
P_2O_5	0.10	0.51	0.15	0.38
Total	99.58	100.13	100.38	100.32
GV	1.15	2.69	0.88	2.57
H_2O^-	0.28	0.61	0.13	0.77
ppm				
Ba	489	614	504	539
Zr	179	171	173	152
Sr	115	135	98	249
Rb	158	152	132	140
Zn	109	134	109	90
Cu	38	43	38	36
Ni	113	104	97	84
Cr	151	91	97	79

ner bisher bekannten Referenzgruppe. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie entweder aus einer unbekannten Lousonna-Werkstatt stammen oder in einem der drei untersuchten Ateliers unter Verwendung eines lokalen, mengenmässig aber untergeordnet vorkommenden Tons gefertigt wurden. Die *Fehlbrände*, d.h. die echten Überbrände, und die Brennstütze Nr. 45 gehören zu den chemischen Scherbengruppen 1–3 (Proben Nr. 7, 20, 30 = chemische Gruppe 1, Probe Nr. 45 = chemische Gruppe 2, Probe Nr. 35 = chemische Gruppe 3). Die Keramik des Ateliers Berna und diejenige der Werkstatt des Sektors 23, von denen keine Überbrände analysiert wurden, passen gut in diese chemischen Gruppen 1–3. Dies ist ein weiteres Indiz, dass die untersuchten Stücke insgesamt lokaler Fertigung sind.

Die Analyse der Tabelle 4 zeigt, wie die Ware der drei Werkstätten – abgesehen vom CaO- und dem damit korrelierten Sr- sowie SiO_2-Gehalt (s. weiter hinten) – in chemischer Hinsicht sehr ähnlich ist. Daraus ist zu folgern, dass in den drei Töpfereien dasselbe Tonlager verwendet wurde, dessen einzelne Schichten sich zwar in der Kalzitführung (d.h. chemisch im CaO-Gehalt) unterschieden, das aber gesamthaft gesehen unter gleichen geologischen Bedingungen entstanden ist. *Es gibt also keine Referenzgruppen für jedes Atelier!* Die Definition von Referenzgruppen ist am ehesten möglich, wenn die grob- und feinkeramischen Scherben der chemischen Gruppen 1–3 zusammengefasst werden. Unter Einbeziehung der Terra Sigillata des Ateliers von La Péniche können so drei Referenzgruppen «Lousonna» definiert werden (Tab. 5). Zur ersten gehören kalkarme Proben, zur zweiten kalkreiche und zur dritten die Terra Sigillata von La Péniche. Die geochemische Ähnlichkeit (mit den schon genannten Ausnahmen des CaO-, SiO_2- und Sr-Gehaltes) zwischen den drei Referenzgruppen zeigt, dass die gallorömischen Töpfer von Lousonna der vier untersuchten Werkstätten einen geologisch ähnlichen Ton verwendeten. Nach *Küpfer* und *Maggetti* (1978) kommt dafür am ehesten der lokal anstehende, eiszeitliche Lehm (*Villaret* und *Burri* 1965) in Frage.

3.4. Geochemische Korrelationen

Die chemischen Daten sind Folge geologischer Gegebenheiten (Sedimentationsprozesse, -milieu, petrographische Beschaffenheit des Liefergebietes). In Anlehnung an *Schneider* (1978) sowie *Schneider* et al. (1978) wird im folgenden Kapitel versucht, einige Überlegungen zur Deutung gewisser geochemischer Korrelationen anzustellen.

Man könnte sich z. B. fragen, ob die unterschiedlichen CaO-Gehalte der Scherben, die ja durch unterschiedliche Kalzitgehalte im Rohton bedingt sind, durch verschiedene SiO_2- oder Al_2O_3-Gehalte ausgeglichen sind. Im ersten Falle würde fehlendes Karbonat durch höheren Quarzgehalt, im zweiten durch einen höheren Tonmineralgehalt kompensiert; bekanntlich besteht Quarz aus ± reinem SiO_2,

Tab. 3. Chemische Gruppenbildung der Scherben

Gruppe 1: Feinkeramik mit niedrigem CaO-Gehalt (n = 38)
Atelier Berna: Proben 1–5 (n = 5)
Atelier Sektor 25: Proben 7, 12, 16, 19–21, 30, 31, 38, 41, 44 (n = 11)
Atelier Sektor 23: Proben 51–54, 56–58, 60–62, 64–68, 70–72, 75–77, 91 (n = 22)

Gruppe 2: Feinkeramik mit hohem CaO-Gehalt (n = 26)
Atelier Sektor 25: Proben 6, 8–10, 13–15, 23, 39, 45 (n = 10)
Atelier Sektor 23: Proben 46–50, 55, 59, 63, 69, 73, 74, 79, 87–90 (n = 16)

Gruppe 3: Grobkeramik (n = 20)
niedriger CaO-Gehalt: Proben 25–29, 32–37, 83, 85, 86, 92, 94 (n = 16)
hoher CaO-Gehalt: Proben 24, 81, 82, 84 (n = 4)

Gruppe 4: nicht klassierbare Scherben (n = 10)
Atelier Sektor 25: Proben 11, 17, 18, 22, 40, 42, 43 (n = 7)
Atelier Sektor 23: Proben 78, 80, 93 (n = 3)

Tab. 4. Mittelwerte (x), Standardabweichung (s) und relative Standardabweichung (s_{rel} in %) der drei chemischen Scherbengruppen laut Tab. 3.

	Gruppe 1			*Gruppe 2*			*Gruppe 3 (CaO-arm)*			*Gruppe 3 (CaO-reich)*		
Gew%	x	s	s_{rel}	x	s	s_{rel}	x	s	s_{rel}	x	s	s_{rel}
SiO_2	64.86	1.95	3.0	54.59	2.82	5.2	67.40	5.24	7.8	55.72	7.18	12.9
TiO_2	0.84	0.03	3.6	0.76	0.04	5.3	0.80	0.06	7.5	0.69	0.02	2.9
Al_2O_3	17.62	1.15	6.5	18.32	0.93	5.1	16.68	1.31	7.8	16.74	1.69	10.1
Fe_{tot}*	6.88	0.47	6.8	6.38	0.36	5.6	6.01	0.97	16.1	5.66	0.48	8.5
MnO	0.113	0.066	58.4	0.084	0.046	62.5	0.094	0.056	55.5	0.092	0.015	16.7
MgO	2.89	0.39	13.5	3.41	0.21	6.1	2.16	0.77	35.6	2.84	0.92	32.4
CaO	2.23	1.44	64.6	11.57	3.06	26.4	2.68	3.12	116.4	13.43	3.81	28.4
Na_2O	1.07	0.09	8.4	0.88	0.29	32.9	0.91	0.23	25.3	0.78	0.14	17.9
K_2O	3.36	0.45	13.4	3.53	0.39	11.0	3.11	0.41	13.2	3.46	0.31	8.9
P_2O_5	0.24	0.16	66.7	0.86	0.41	47.7	0.37	0.20	54.0	0.63	0.08	12.3
n	38			26			16			4		
ppm												
Ba	529	69	13.0	542	225	41.5	557	79	14.2	562	41	7.3
Zr	173	14	8.1	115	46	40.0	204	44	21.6	139	38	27.3
Sr	106	28	26.4	242	109	45.0	152	59	38.8	320	77	24.1
Rb	149	11	7.4	115	49	42.6	150	10	6.7	125	4	3.2
Zn	124	16	12.9	84	38	45.2	116	15	12.9	89	9	10.1
Cu	45	6	13.3	31	14	45.1	40	8	20.0	31	5	16.1
Ni	110	50	45.4	73	29	39.7	70	21	30.0	67	10	14.9
Cr	112	33	29.5	73	31	42.5	88	19	21.6	65	11	16.9
n	30			23			16			4		

* Fe_{tot} als Fe_2O_3

während die Tonminerale sehr Al_2O_3-reich sind. Weitere Al_2O_3-Träger, wie z. B. die Feldspäte, fallen mengenmässig ausser Betracht, da sie in den Diffraktogrammen der schwach gebrannten Proben fast nicht vorkommen. Es zeigt sich nun, dass das CaO *nicht mit dem Al_2O_3, sondern mit dem SiO_2 korreliert ist* (Abb. 13). Somit muss der Quarzanteil in den kalkarmen Proben höher liegen als in den kalkreichen, eine Folgerung, die durch das mikroskopische Bild eine eindeutige Bestätigung erfährt. Aberrante Proben sind einzig die grobkeramischen Stücke des Ateliers Sektor 25, deren hoher SiO_2-Gehalt (70–75 Gew.%) durch Zugabe fremder, silikatischer Magerung herrührt.

Bekanntlich kann das Spurenelement Sr bis zu einem gewissen Grad den Ca-Anteil in den Karbonaten ersetzen; das CaO/Sr-Verhältnis ist dann eine Resultante des Liefergebietes und der Sedimenta-

Tab. 5. Die drei Referenzgruppen von Lousonna. In der Gruppe 3 wurden alle Terra Sigillata Analysen mit Ausnahme der Nr. LP 20 *(Maggetti* 1980) berücksichtigt.

	Lousonna 1 CaO-arme Keramik			*Lousonna 2* CaO-reiche Keramik			*Lousonna 3* Terra Sigillata La Péniche		
Gew.%	x	s	s_{rel}	x	s	s_{rel}	x	s	s_{rel}
SiO_2	65.61	3.44	5.2	54.75	3.52	6.4	51.79	1.54	2.9
TiO_2	0.83	0.04	4.8	0.75	0.05	6.7	0.75	0.04	5.3
Al_2O_3	17.34	1.26	7.3	18.11	1.16	6.4	19.07	0.71	3.7
Fe_{tot}*	6.63	0.77	11.6	6.29	0.44	6.9	6.42	0.29	4.5
MnO	0.107	0.063	58.8	0.085	0.043	50.6	0.089	0.010	11.2
MgO	2.67	0.63	23.6	3.27	0.39	11.9	3.64	0.22	6.0
CaO	2.37	2.07	87.3	11.82	3.17	26.8	13.25	1.72	12.9
Na_2O	1.03	0.16	15.5	0.87	0.27	31.0	0.81	0.18	22.2
K_2O	3.21	0.45	14.1	3.41	0.37	10.8	3.06	0.52	16.9
P_2O_5	0.28	0.19	67.8	0.83	0.39	46.9	0.44	0.38	86.4
n	54			30			102		
ppm									
Ba	539	73	13.5	545	208	38.2	558	91	16.3
Zr	184	31	16.8	118	46	38.9	109	6	5.5
Sr	122	47	38.5	254	108	42.5	341	32	9.4
Rb	149	11	7.4	117	45	38.5	103	21	20.4
Zn	122	16	13.1	85	35	41.2	92	12	13.0
Cu	43	7	16.3	31	13	41.9	37	5	13.5
Ni	96	46	47.9	72	28	38.9	92	4	4.2
Cr	103	31	30.1	72	29	40.3	149	13	8.7
n	46			27			102		

* Fe_{tot} als Fe_2O_3

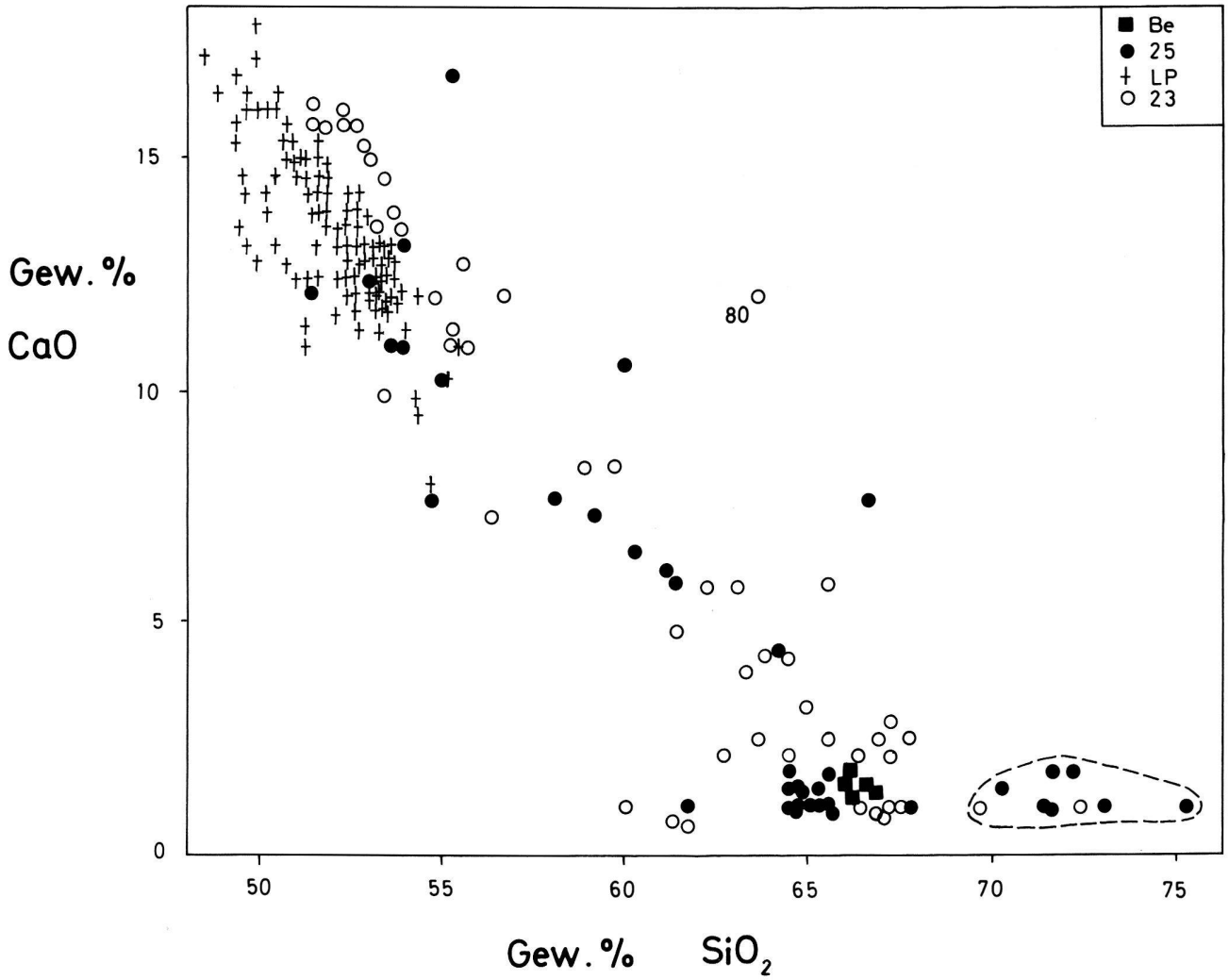


Abb. 13. CaO/SiO_2-Korrelationsdiagramm. Be = Werkstatt Berna, 25 = Werkstatt Sektor 25, LP = Terra Sigillata-Töpferei La Péniche, 23 = Werkstatt Sektor 23. Im gestrichelt umgrenzten Feld sind die SiO_2-reichen grobkeramischen Produkte der Ateliers Sektor 23 und 25 eingetragen. Erläuterung im Text.

tionsbedingungen, und genetisch gleiche Tone werden demnach dasselbe CaO/Sr-Verhältnis aufweisen. Bei den analysierten Scherben trifft dies tatsächlich zu. Alle Proben - mit Ausnahme der grobkeramischen Ware - liegen auf derselben Korrelationsgeraden (Abb. 14). Das abweichende Verhalten der Grobkeramik ist durch die Zugabe der feldspatreichen Fremdmagerung bedingt. Auch die Terra Sigillata von La Péniche fügt sich in dieses Bild ein. Somit wird wiederum veranschaulicht, dass die drei Referenzgruppen von Lousonna im Grunde genommen zur gleichen geochemischen Population gehören, unter ähnlichen Bedingungen entstanden sind und an sich eine einzige Referenzgruppe darstellen.

Weitere Korrelationsdiagramme können verwendet werden, um die Natur der Tonminerale besser zu ergründen. So ist beispielsweise das Magnesium (Abb. 15) deutlich mit dem Al_2O_3 gekoppelt - ein Zeichen, dass chloritische Anteile im Rohstoff vorhanden gewesen sein müssen. Eine Korrelation des MgO mit dem CaO - was für die Präsenz dolomitischer Bestandteile spräche, ist nicht nachzuweisen.

Ein weiteres Diagramm (Fe_{tot}/Al_2O_3, Abb. 16) dokumentiert, dass das Eisen hauptsächlich mit dem Tongehalt korreliert ist - ein weiterer Hinweis auf chloritische Bestandteile im Ausgangsmaterial. In diesem Diagramm können die kalkreichen feinkeramischen Proben (weniger Fe_{tot}) deutlich von den kalkarmen (mehr Fe_{tot}) getrennt werden. Auch die Gruppe der Werkstatt Berna hebt sich von den übrigen Scherben ab. Interessant ist das Verhalten der kalkarmen, grobkeramischen Proben des Ateliers Sektor 25. Sie passen teils zur kalkreichen, teils zur kalkarmen Gruppe.

Anhand dieser Diagramme können auch gruppenfremde Proben erkannt werden. Es sei beispielsweise auf die Stücke LP 20 und Nr. 80 hingewiesen,

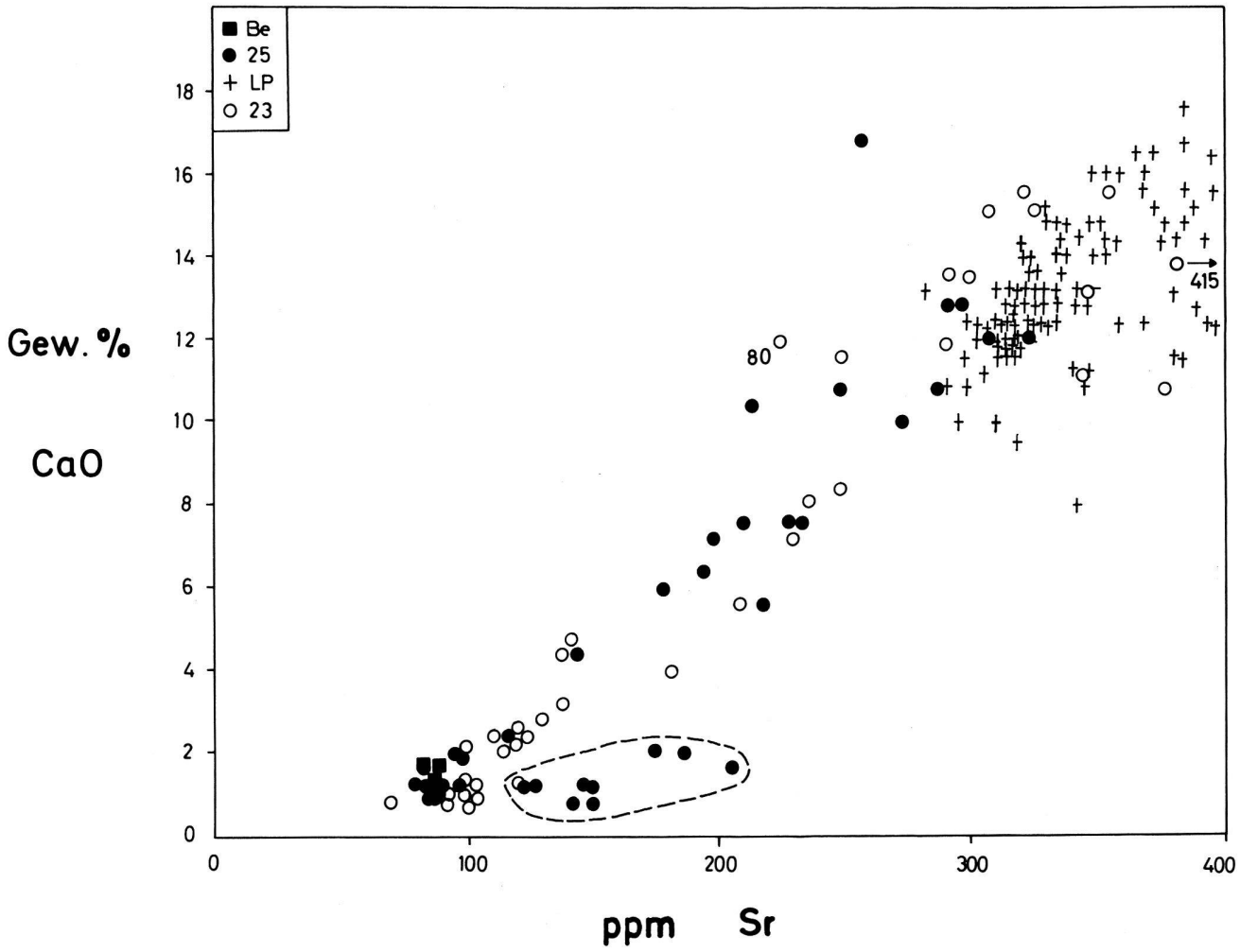


Abb. 14. CaO/Sr-Korrelationsdiagramm. Erläuterung im Text. Die Probe Nr. 84 liegt mit ihrem Sr-Gehalt von 415 ppm ausserhalb der Zeichnung. Gestrichelt umrandetes Feld = Grobkeramik.

die in den Abb. 15, 16 deutlich ausserhalb der Lousonna-Punktwolke liegen.

Eine weiterführende Interpretation der chemischen Analyse in geochemischer Hinsicht würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Sie wäre auch nur dann sinnvoll, wenn von jedem Scherben ein Dünnschliff vorliegt. Denn nur mittels mikroskopischer Analyse könnte der Versuch gewagt werden, die Ursachen geochemisch aberranter Typen zu klären.

4. *Zur Technik*

Der technische Stand einer antiken Töpferwerkstatt ist mit modernen analytischen Messverfahren gut abzuschätzen. So kann mit der Röntgendiffraktion der Phasenbestand ermittelt werden, der Hinweise auf die verwendeten Rohstoffe und den Brennprozess liefert. Die Polarisationsmikroskopie kann Aussagen über den Ton und dessen Aufbereitung geben und dient zum Abschätzen möglicher Scherbenveränderungen während der Bodenlagerung.

4.1. Der Rohton und dessen Aufbereitung

Der *qualitative* mineralogische Aufbau scheint für beide Haupt-Rohstoffe (kalzitarme und kalzitreiche Ausgangsmaterialien) gleich gewesen zu sein. Hinweise geben die Mineralassoziationen der Unterbrände (Röntgendiffraktometrie, s. Kapitel 4.3), die chemischen Analysen und das mikroskopische Bild. Als Primär-Minerale kommen in Frage: Quarz, Illit, Chlorit, Plagioklas, Kalifeldspat, Kalzit und Eisen-Hydroxid. In *quantitativer* Hinsicht müssen aber beide Rohstoffe deutlich verschieden gewesen sein; im Vergleich zum kalzitarmen wird der mergelige Ton mehr Kalzit und weniger Quarz enthalten haben.

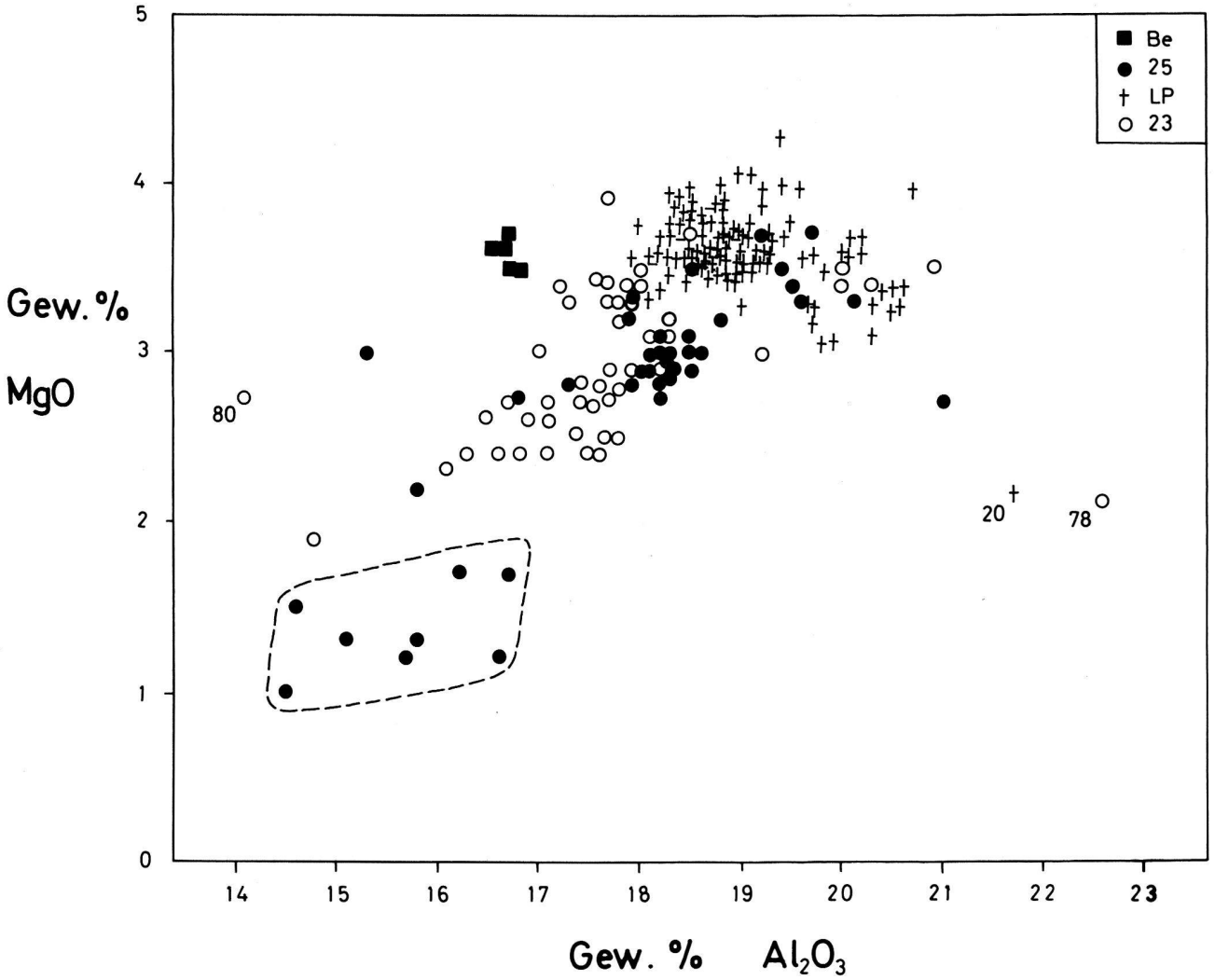


Abb. 15. MgO/Al_2O_3-Korrelationsdiagramm. Einige grobkeramische Scherben des Ateliers Sektor 25 heben sich von den übrigen Scherben ab (gestrichelt umrandetes Feld), andere passen gut in die Gruppe. Erläuterung im Text.

Diese Zusammensetzung gleicht derjenigen, die von *Küpfer* und *Maggetti* (1978) für das Ausgangsmaterial der Terra Sigillata von La Péniche ermittelt wurde.

Im mikroskopischen Bild sind die Unterschiede zwischen beiden Rohstoffen deutlich ausgeprägt. Die kalkarmen Scherben besitzen eine «sandige» Matrix (max. Korndurchmesser von 0,08 mm), die aus einer feinen Durchmischung von Tonpartikeln und Quarzkörnern besteht. Darin sind wenige gröbere Körner von eisenreichen Konkretionen, Tongallen, gerundeten Quarzen und Quarziten samt einigen Hellglimmern eingebettet; deren Korngrösse liegt um 1–2 mm. Die Gehalte an natürlicher Magerung in den feinkeramischen Scherben schwanken zwischen 10–30 Vol.%. Die kalkreichen Scherben haben eine sehr feinkörnige, karbonatreiche Matrix, in der wenige eisenreiche Konkretionen sowie Tongallen neben seltenen Quarzen vorkommen. Die Poren sind meist voll von sekundärem Kalzit. Der Gehalt an Magerungskörnern liegt bei feinkeramischen Produkten zwischen 5–10 Vol.%, ist also deutlich niedriger als bei der kalkarmen Keramik.

Das Vorkommen gröberer Fragmente von 1 bis 2 mm Grösse in der Feinkeramik ist entweder mit einer schlechten Tonschlämmung oder mit der Verwendung unaufbereiteter, relativ feinkörniger Tone zu erklären.

Auch der Korngrössenaufbau der kalzitreichen Rohstoffe scheint von Töpferei zu Töpferei verschieden gewesen zu sein. Nach den Untersuchungen von *Heimann* und *Maggetti* (1981) sowie *Maggetti* und *Heimann* (1979) kann das Vorkommen von Gehlenit in einer kalkreichen Keramik Hinweise auf relativ grobkörnige Ausgangsmaterialien geben. Die im Abschnitt 4.3 dokumentierte Gehlenitführung der kalkreichen Scherben aus dem Atelier Sektor 23 und deren Abwesenheit in den Stücken

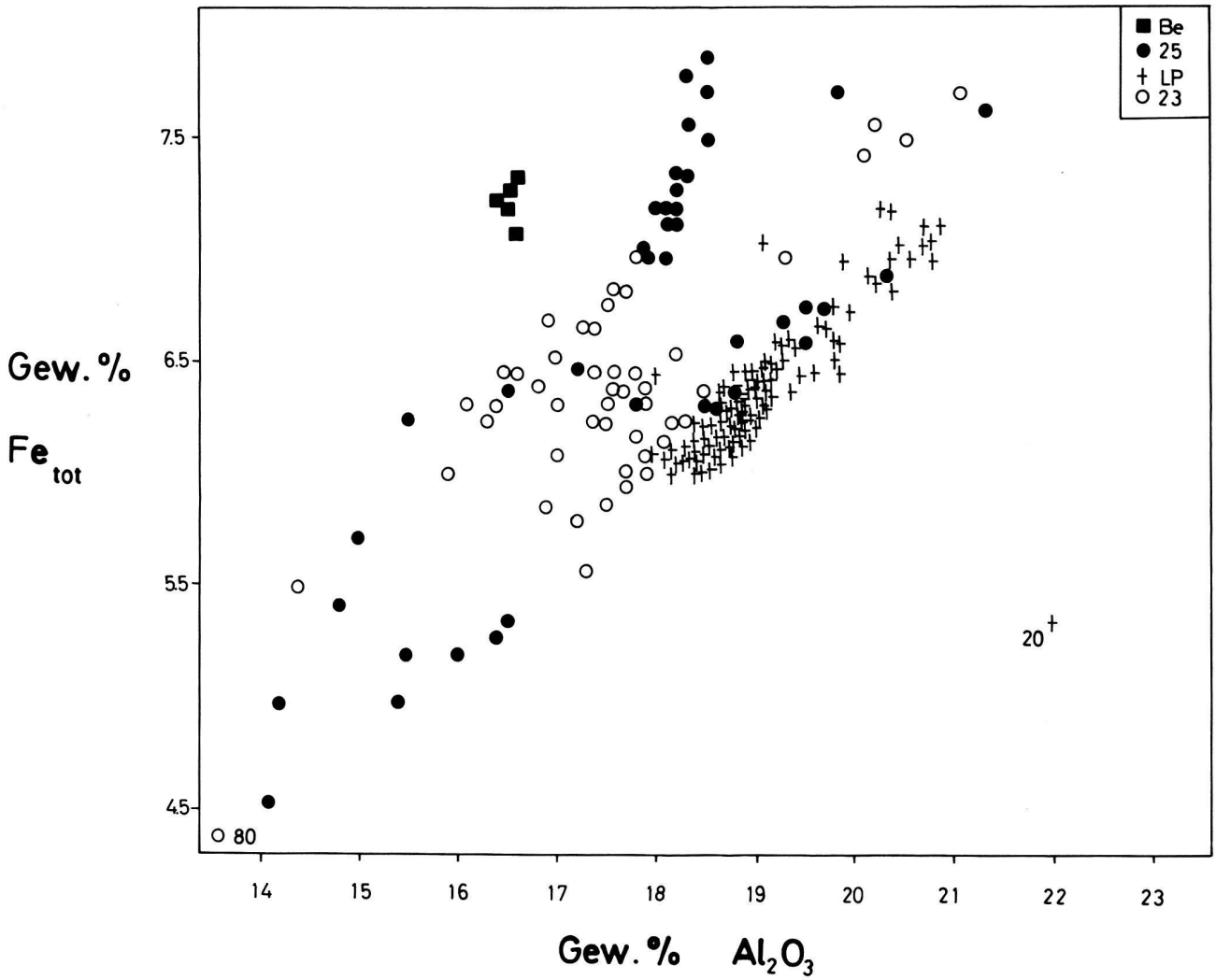


Abb. 16. Fe_{tot}/Al_2O_3-Korrelationsdiagramm. Erläuterung im Text.

aus der Werkstatt des Sektors 25 könnte demnach mit der Verwendung unterschiedlich feiner Tone in beiden Töpfereien erklärt werden. Das mikroskopische Bild und die Lage der Porenradienverteilungskurven (Abschnitt 4.4, *Maggetti* und *Rossmanith* 1981) lassen aber keine zusätzlichen Hinweise für solche Unterschiede erkennen.

Die Matrix der grobkeramischen Scherben unterscheidet sich im mikroskopischen Bild nicht von derjenigen der feinkeramischen Proben. Als Magerungsart sind zu erkennen: Granit, Kalk, Epidot-Amphibolit, Gneis, Quarzit, Schamotte. Die Korngrösse liegt um 2–3 mm. Im Vergleich mit der Feinkeramik ist der Magerungsgehalt deutlich höher (35–52 Vol.%). Die rundliche Kornform zeigt, dass es sich um natürliche Sande handelt, wobei die hiatale Verteilung laut *Maggetti* (1981 b) als absichtliche Zumischung zu interpretieren ist. Für die Herstellung der Grobkeramik wurden also dieselben Rohtone verwendet wie für die Produktion der Feinkeramik – ein Ergebnis, das sich mit der chemischen Analyse deckt. Der Mörser Nr. 80 fällt durch die Führung von Granitporphyr-Fragmenten aus der grobkeramischen Gruppe – ein Kennzeichen, das gut zu einer Import-Natur passt.

4.2. Zur Ofenatmosphäre

Die Farbe der Scherben wird durch zwei Faktoren beeinflusst: *Brandführung* (Ofenatmosphäre) und *CaO-Gehalt* (z. B. *Picon* 1973). Oxidierend gebrannte Scherben sind entweder rot (niedriger CaO-Gehalt) oder beige bis weiss (hohe CaO-Gehalte); reduzierend gebrannte Keramik grau bis schwarz (ohne Beeinflussung der Farbe durch den CaO-Gehalt). Eine Abweichung ergibt sich, wenn die Ofenatmosphäre im gesamten Brennprozess gewechselt hat; wurde zuerst reduzierend gebrannt und oxidierend abgekühlt, so können die Scherben

im Querbruch einen inneren, grauen Kern (sog. Reduktionskern) aufweisen, der von einer äusseren, roten Oxidationszone umgeben ist.

Die Scherben der Töpferwerkstätten von Lousonna zeigen fast keine Reduktionskerne (z. B. Nr. 20) und können, in Abhängigkeit vom CaO-Gehalt, *vier Farbgruppen* zugeordnet werden:

1. beige bis weisse Scherbenfarbe, hoher CaO-Gehalt (über 3–5 Gew.%).
2. rote Farben bei niedrigem CaO-Gehalt (unter 3–5 Gew.%).
3. graue bis schwarze Farben bei hohem CaO-Gehalt (über 3–5 Gew.%).
4. graue bis schwarze Farben bei niedrigem CaO-Gehalt (unter 3–5 Gew.%).

Das Verhältnis von reduzierend und oxidierend gebrannten Scherben ist von Atelier zu Atelier verschieden (Abb. 17). Während in der Werkstatt des Sektors 25 (1. Jh.) beide etwa gleich stark vertreten sind, dominiert in demjenigen des Sektors 23 (2./3. Jh.) der oxidierend geführte Brand. Über das im Atelier Berna gängige Brennverfahren lässt die kleine Probenmenge leider keine gesicherte Aussage zu.

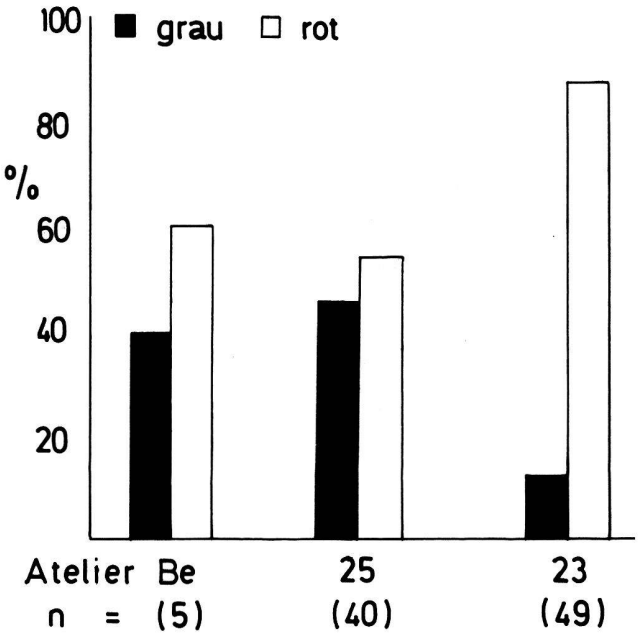


Abb. 17. Verhältnis oxidierend (rote Scherbenfarbe) zu reduzierend (graue Scherbenfarbe) gebrannten Proben aus den drei Töpfereien. Die Scherben der Werkstätten Berna und des Sektors 23 wurden mehrheitlich oxidierend gebrannt; im Töpferatelier des Sektors 25 sind beide Brennverfahren zu gleichen Teilen vertreten.

Wie ist nun dieser technologische Unterschied zwischen den zeitlich auseinanderliegenden Werkstätten zu deuten? Ist es eher ein Zufallsergebnis, bedingt durch eine subjektiv beeinflusste Probenauswahl oder zeigt sich doch ein markanter, zeitabhängiger Unterschied? Nun wurden die Proben aber so gewählt, dass ein repräsentativer Querschnitt durch die Produktion jedes Ateliers gegeben war. Diese Tatsache und der Umstand, dass *Jornet* (1980) dasselbe Phänomen von den Augster Werkstätten beschrieb (Kurzenbettli, 1. Jh.: vorwiegend reduzierender Brand, Venusstrasse-Ost, 2./3. Jh.: vorwiegend oxidierender Brand) deutet doch eher auf eine im Laufe der Zeit wechselnde Brandführung. Nur weitere Untersuchungen werden zeigen, wann die Umstellung vom Reduktions- zum Oxidationsbrand stattfand und ob dies ein generell zu beobachtendes Phänomen ist.

Wie von *Maggetti* und *Schwab* (1981) ausgeführt, kann das Reduktionsverhältnis (FeO/Fe_{tot} als FeO) eine qualitative Aussage über die Natur bzw. «Stärke» der reduzierenden Atmosphäre ermöglichen. Je weniger Sauerstoff in der Brennatmosphäre, desto mehr Fe_2O_3 wird zu FeO reduziert und desto höher wird dieses Verhältnis. Die entsprechenden Analysenwerte sind in der Tabelle 2 angegeben und in der Abbildung 18 aufgetragen. Sie zeigen wiederum einen deutlichen Unterschied zwischen beiden Ateliers. Während in der älteren Werkstatt des Sektors 25 die Werte über den ganzen Bereich streuen (0,2–0,9) sind diejenigen der Werkstatt des Sektors 23 bei deutlich niedrigeren Verhältnissen (0,2–0,4) konzentriert. Eine Ausnahme bildet der Scherben 80, dessen höheres Verhältnis nicht zur Gruppe passt und den schon chemisch ermittelten Importcharakter unterstreicht. Die technologische Interpretation vorliegender Verhältnisse führt zum Schluss, dass der reduzierende Brennprozess im Atelier 25 offensichtlich schlecht beherrscht oder überhaupt nicht angestrebt wurde (grosse Streuung), während die Töpfer des Ateliers aus dem 2./3. Jh. diese Brenntechnik besser im Griffe hatten und nicht allzustark reduzierten.

In der Töpferei des 1. Jh. sind alle Krüge und Platten ausnahmslos oxidierend gebrannt worden. Im Gegensatz dazu wurde die Mehrzahl der «tonneaux» und der grobkeramischen Gefässe sowie alle «jattes» und Teller reduzierend gebrannt. Im Atelier des Sektors 23 sind fast zu jedem Gefässtyp auch reduzierend gebrannte Stücke zu finden, mit einer einzigen Ausnahme, den lokal hergestellten Mörsern, die alle einen oxidierenden Brand erlitten. Der Import-Mörser Nr. 80 hingegen ist reduzierend gebrannt!

4.3. Zur Brenntemperatur

Ein Scherben kann als eine Kombination verschiedener Mineralien bzw. Phasen (inkl. Glaspha-

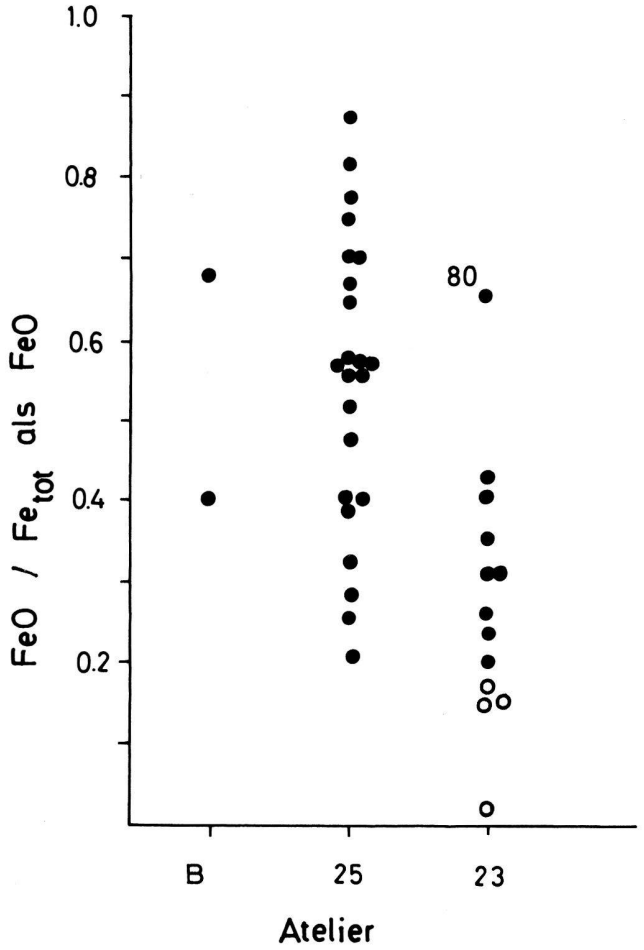


Abb. 18. FeO/Fe$_{tot}$-Verhältnis. Punkte = reduzierend gebrannte Scherben, Kreise = oxidierend gebrannte Proben. Die Reduktionsverhältnisse der Keramik vom Atelier des Sektors 25 streuen sehr stark und dokumentieren dadurch eine grosse Variation der Zusammensetzung der Brennatmosphäre (keine gute Brandführung durch die Töpfer!). Im Gegensatz dazu gruppieren sich die Reduktionswerte der Werkstatt des Sektors 23 in einem engeren Bereich (gute Beherrschung des Reduktionsbrandes!). Die Importprobe Nr. 80 hebt sich deutlich ab.

se) aufgefasst werden, die durch unterschiedliche Prozesse entstanden sind. Im Brennprozess zerfallen bestimmte Minerale des Rohtones und es bilden sich neue Phasen. Im Gebrauch und während der Bodenlagerung wird das Gefäss andersartigen chemischen und physikalischen Bedingungen ausgesetzt, wobei vorhandene Minerale instabil werden und sich neue Phasen bilden können. Nach *Maggetti* (1981a) lassen sich die Scherbenminerale in 3 genetische Klassen unterteilen:

a. Primäre Minerale (= Phasen des ursprünglichen Rohtones, die während des Brennprozesses nicht zerstört wurden und sich reliktisch erhalten haben).
b. Brenn-Minerale (= Phasen, die sich im Brand bildeten).
c. Sekundär-Minerale (= Phasen, die während des Gebrauchs oder der Bodenlagerung entstanden).

Zur Klasse der *Primär-Minerale* zählen alle Phasen, die normalerweise in einem Ton vorkommen: Quarz, Tonminerale (Illit, Kaolinit, Chlorit ...), Kalifeldspat, Plagioklas, Dolomit, Kalzit usw. Zu den *Brenn-Mineralien* gehören Hämatit, Magnetit, Spinell, Diopsid, Wollastonit, Gehlenit usw. Wichtige *Sekundär-Minerale* sind beispielsweise Kalzit, Garronit, Wairakit, Montmorillonit.

Allgemein haben *Heimann* (1978/79) und *Heimann* und *Franklin* (1981) über die Methoden zur Bestimmung der ursprünglichen Brenntemperatur berichtet. Die mineralogische Variante besteht nun darin, dass die im Scherben festgestellten Phasenkombinationen mit denjenigen chemisch vergleichbarer Tone verglichen werden, die unter kontrollierten Bedingungen schrittweise aufgeheizt und analysiert wurden. Ein solches Verfahren haben z. B. *Küpfer* und *Maggetti* (1978) für die Terra Sigillata des Ateliers von La Péniche angewendet; die gleiche Methode wird auch in dieser Arbeit praktiziert.

Die röntgenographische Ermittlung des Phasenbestandes der Lausanner Scherben zeigt, dass für jede der vier Farb-Gruppen (s. Abschnitt 4.2) unterschiedliche Phasen-Kombinationen vorkommen (Abb. 19, 20, Tab. 6).

In der Farb-Gruppe 1 sind sechs Assoziationen auszuhalten (a–f), in der Gruppe 2 zwei (a–b) und in den Farb-Gruppen 3 und 4 je vier (a–d). Die Abbil-

Tab. 6. Verteilung der untersuchten Proben auf die Phasen-Assoziationen. Die fehlenden Nummern wurden nicht geröntgt.

Phasen-Assoziation	Berna	Werkstatt Sektor 25	Sektor 23
1a		43	69,92
1b		8, 9, 13	
1c		6, 10, 11, 14, 15, 18, 23	78
1d			50, 66, 74, 79, 82, 83, 84, 94
1e			85
1f			48, 63, 73, 81, 87, 88, 89, 90
2a			52, 60, 72, 75, 76, 77
2b	1, 4, 5	12, 16, 20, 30, 31, 44	54, 56, 58, 61, 64, 65, 67, 68, 70, 71, 86, 93
3a		17	49, 62
3b			47
3c			59, 80
3d		22, 24, 39, 41, 45	53
4a		19, 21	
4b		25, 28, 32, 33, 36, 37, 42	
4c	3	26, 27, 34, 40	
4d		7, 29, 35, 38	

Gruppe 1	a	b	c	d	e	f
Quarz	▬	▬	▬	▬	▬	▬
Illit (001, 002, 020)	▬	▬ ▬		▬ ▬		
Kalzit	▬	■ ■	■ ■	■ ■		■ ■
Plagioklas	▬	▬	▬	▬	▬	▬
Kalifeldspat	▬			▬	▬	
Diopsid		▬	▬	▬	▬	▬
Gehlenit				▬	▬	▬
Spinell		■ ■	■ ■	■ ■	▬	■ ■
Hämatit	▬	■ ■	▬	■ ■	▬	■ ■
Wairakit			■ ■			
Brenn-Temperaturen °C	< 850	850-900	950-1050	850-900	900-950	950-1050

Gruppe 2	a	b
Quarz	▬	▬
Illit (001, 002, 020)	▬	
Kalzit	■ ■	■ ■
Plagioklas	▬	▬
Kalifeldspat	▬	▬
Spinell	▬	▬
Hämatit	▬	▬
Brenn-Temperaturen °C	850-950	950-1050

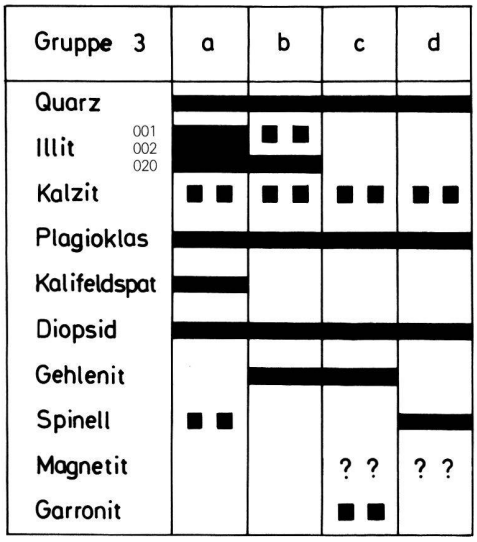
Abb. 19. Mineralassoziationen oxidierend gebrannter Scherben aus allen drei Ateliers. Gruppe 1 = kalkreiche Ware, Gruppe 2 = kalkarme Ware. Geschätzte Brenntemperaturen in der untersten Linie.

dungen 19, 20 zeigen also, dass ein Scherben der Phasenkombination 1a folgende Minerale enthält: Quarz, Illit, Kalzit, Plagioklas, Kalifeldspat und Hämatit. Ein Scherben der Phasenkombination 4d führt die Assoziation: Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Spinell, Magnetit ± Kalzit. Typische Röntgendiffraktogramme zu jeder Assoziation wurden von *Maggetti* (1981 a) publiziert.

Zur Ermittlung der ursprünglichen Brenntemperatur sind CaO-reiche, oxidierend gebrannte Scherben sehr geeignet, da ihr Mineralbestand empfindlich auf Temperaturänderungen reagiert (*Peters* und *Jenni* 1973, *Küpfer* und *Maggetti* 1978). Aus dem Vergleich mit modernen Brennserien können angenäherte Brenntemperaturen abgeleitet werden, die in Abbildung 19 unten angegeben sind. Die Scherben der *Gruppe 1* gehören je nach Gehlenit-Gehalt zur Assoziation a–c (gehlenitfrei) oder d–f (gehlenithaltig). Dieser wichtige Unterschied wird in Abschnitt 4.5 weiter besprochen. In der Assoziation 1a sind sehr schwach gebrannte Scherben (Unterbrände) vertreten; sie haben hohe Glühverluste und enthalten – mit Ausnahme von Hämatit – praktisch nur Primärminerale. Beim Tonmineral Illit sind die (001), (002) und (020)-Peaks sehr ausgeprägt. Nimmt man an, dass im Rohton – wie in demjenigen von La Péniche (*Küpfer* und *Maggetti* 1978) auch Chlorit vorhanden war – so müssen Brenntemperaturen von mindestens 600 °C erreicht worden sein. Die Scherben der Assoziation 1b sind schon höher gebrannt worden. Kalifeldspat ist verschwunden, beim Illit sind die (001) und (002)-Interferenzen nicht mehr überall festzustellen, Kalzit ist wahrscheinlich sekundärer Natur und Diopsid (+ Wollastonit?) entstand als neue Brennphase. Da sich die Reflexe von Wollastonit mit denjenigen des Diopsides überlagern, kann bei der Präsenz von Diopsid nicht entschieden werden, ob auch Wollastonit vorhanden ist oder nicht. Das sporadische Auftreten von Spinell ist an der Erhöhung der Quarz-Interferenz bei d = 2.45 Å zu erkennen, im Vergleich zu derjenigen gleicher Intensität bei d = 2.28 Å. Nach den gut erkennbaren Reflexen bei d = 2.44 Å muss es sich um einen Mg-Spinell handeln.

In den Scherben der Phasenkombination 1c ist Illit nicht mehr nachzuweisen; der Hauptreflex des Plagioklases ist sehr hoch und deutet auf die Präsenz von neugebildetem Brennplagioklas. Das Sekundärmineral Wairakit wurde in den Scherben Nr. 10, 11 und 14 angetroffen. Die Phasenassoziationen d–f zeigen ein ähnliches Bild, nur bildet sich neu Gehlenit.

Die Brenntemperaturen der CaO-armen, oxidie-



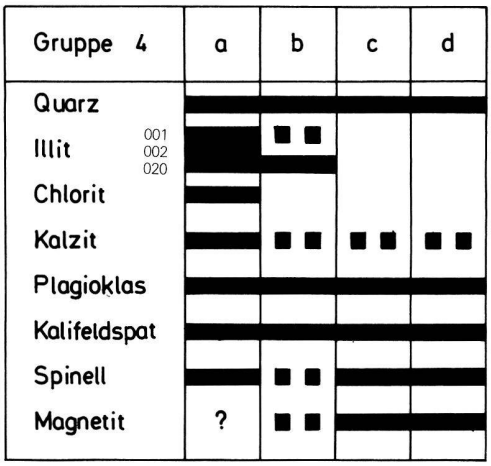


Abb. 20. Mineralkombinationen reduzierend gebrannter Ware aus den drei Ateliers. Gruppe 3 = kalkreiche Keramik, Gruppe 4 = kalkarme Keramik.

rend gebrannten Scherben der *Farbgruppe 2* wurden nach *Maggetti* (1981 a) ermittelt. Entscheidend ist hierbei das Vorhandensein bzw. Fehlen des Illites. Der Spinell ist wiederum ein Mg-Spinell und seine Reflexe bei hohen Brenntemperaturen deutlich ausgeprägt. Kalzit ist sekundärer Genese. In der Assoziation 2a ist meist mehr Plagioklas vorhanden als Alkalifeldspat, im Vergleich zur Assoziation 2b, in der der Alkalifeldspat (mineralogisch wohl Sanidin) deutlich überwiegt. Der Überbrand Nr. 30 ist zur Phasenkombination 2b zu stellen und dokumentiert dadurch deren hohe Brenntemperatur.

Leider gibt es - mit Ausnahme der Arbeit von *Heimann* et al. (1980) noch keine Untersuchung über das mineralogische Brennverhalten reduzierend gebrannter Scherben. Es können somit keine quantitativen Angaben über die effektiven Brenntemperaturen der grauen Scherben gegeben werden. Die Gruppierung der Assoziationen erfolgte aber - gestützt auf das Verhalten des Illites und der Brennminerale - nach angenommener steigender Brenntemperatur. Die CaO-reichen, grauen Proben der *Farbgruppe 3* zeigen ein ähnliches Verhalten der Minerale mit angenommener steigender Brenntemperatur wie diejenigen der oxidierend gebrannten. Anstelle des Hämatites tritt teilweise Magnetit. Dessen Vorhandensein ist aber in Diopsid-haltigen Proben mittels Röntgendiffraktion nur schwer oder überhaupt nicht nachzuweisen, denn seine Reflexe überlagern diejenigen des Diopsides. Beim Spinell scheint es sich um einen Mg-Fe-Spinell bzw. Fe-Spinell (Herzynit) zu handeln (Reflexe zwischen d = 2.45–2.47 Å). Kalzit ist sekundärer Genese. Der sekundäre Garronit wurde nur im Import-Mörser Nr. 80 nachgewiesen! Die graue Brennstütze Nr. 45 (Überbrand!) gehört in die Assoziation 3d und zeigt, dass die Scherben dieser Phasenkombination wirklich den höchsten Temperaturen ausgesetzt waren. In den CaO-armen Proben der *Farbgruppe 4* fällt in der Phasenkombination 4a der Chlorit auf; die zu dieser Assoziation gehörenden Scherben Nr. 19 und 21 enthalten - mit Ausnahme des Spinells - nur Primärminerale. Die wahre genetische Natur des geringfügigen Kalzitanteils lässt sich aber nicht ermitteln (primär/sekundär?). Es handelt sich bei diesen Scherben um typische Unterbrände. In den anderen Assoziationen koexistieren zwei Spinelle, Magnetit und Herzynit, wie dies von *Maggetti* et al. (1981) für die kalkarmen, antiken Schwarzmalschichten nachgewiesen werden konnte. Der Magnetit ist im Gegensatz zu den kalkreichen, grauen Proben im Diffraktogramm deutlich zu erkennen; die Präsenz von Herzynit wurde von der oft sehr ausgeprägten Erhöhung der Quarzinterferenz (ohne weitere Nebeninterferenzen) bei d = 2.45 Å abgeleitet. In der Assoziation 4a ist mehr Plagioklas als Kalifeldspat vorhanden, in den anderen hingegen dominiert fast immer der Kalifeldspat über den Plagioklas. Die Überbrände Nr. 7 und 35 gehören auch in diesem Falle zur Assoziation mit angenommener höchster Brenntemperatur.

Es erhebt sich nun die Frage, ob gewisse Keramiktypen nur in bestimmten Temperaturbereichen gebrannt wurden; diese Frage ist - gestützt auf das analysierte Material - zu verneinen. Eine Beantwortung dieser Frage ist aber illusorisch, solange wir nicht wissen, inwieweit die untersuchte Keramik Ausschussware darstellt oder nicht.

Werden alle Daten der Brenntemperaturen oxi-

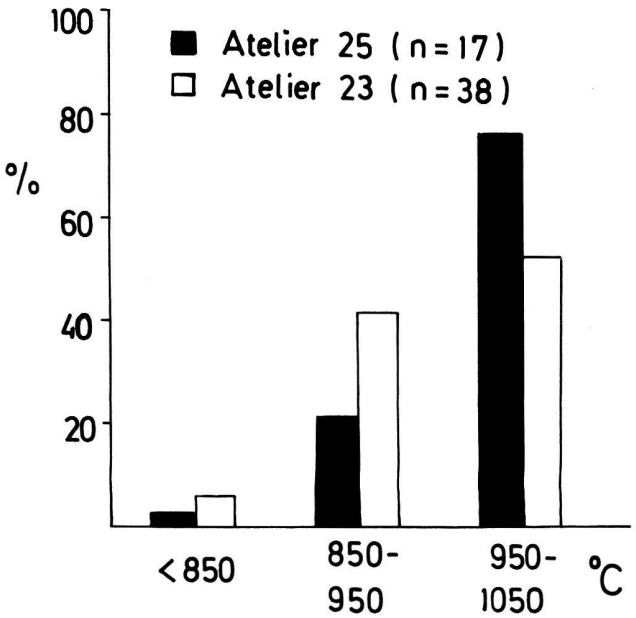


Abb. 21. Vergleich der geschätzten Brenntemperaturen oxidierend gebrannter Scherben aus den Töpfereien des Sektors 23 und 25. Siehe dazu Tab. 5 und die Abbildung 19. Die Keramik des Ateliers Sektor 25 ist generell höher gebrannt als diejenige des Sektors 23.

dierend gebrannter Scherben zusammengefasst, so zeigt es sich, dass die Keramik der Töpferei aus dem Sektor 23 generell bei niedrigeren Temperaturen gebrannt wurde als diejenige des älteren Ateliers Sektor 25 (Abb. 21). Es ist aber sehr wohl möglich, dass sich hier nicht ein technologischer Unterschied manifestiert, sondern dass das beobachtete Phänomen einzig und allein durch die Probennahme (z. B. nur niedrig gebrannter Ausschuss in der Werkstatt des Sektors 23) bedingt wird.

4.4. Interpretation der Porositäts-Daten

Die Porositäts-Eigenschaften eines Scherbens hängen von der Korngrösse des Rohtones (*Maggetti* und *Rossmanith* 1981), der chemischen bzw. mineralogischen Zusammensetzung und der Brenntemperatur (*Maggetti* und *Kahr* 1981) ab. Die Ergebnisse unserer Messungen sind in Tab. 7 zusammengefasst und in den Abb. 22, 23 dargestellt. Werden die Daten des Raumgewichts gegen die Dichte aufgetragen (Abb. 22), so kommt das generell höhere *Raumgewicht* der kalkarmen Scherben gut zum Ausdruck und deutet damit an, dass diese Scherben eine geringere Porosität als die kalkreichen haben müssen. Ausreisser sind entweder Unterbrände (Nr. 19, 75) oder grobkeramische Ware (Nr. 72). Die Überbrände (Nr. 35) und der importierte Mörser Nr. 80 heben sich deutlich ab. Im Falle der *Dichte* sind keine markanten Unterschiede festzustellen; einzig im Atelier des 1. Jh. sind die hoch gebrannten Proben (Assoziationen 1c, 1f) spezifisch schwerer als die niedriger gebrannten, was von der höheren Dichte der Brennminerale zu erwarten war. Zwischen oxidierend und reduzierend gebrannter Keramik kann kein Unterschied beobachtet werden.

Eine deutliche Differenz zwischen kalkarmen und kalkhaltigen Scherben lässt sich auch im Falle der *Gesamtporosität* (Abb. 23) nachweisen; diese ist bei den kalkhaltigen viel höher als bei den kalkarmen und ist auf die während dem Brand freiwerdenden Gase (Dissoziation des Kalzites) zurückzuführen. Der Fehlbrand (Nr. 35) und das Importstück (Nr. 80) fallen deutlich aus ihrer Gruppe. Im Falle der kalkreichen Scherben ist zu beobachten, dass die Porosität zunimmt, je höher das Stück gebrannt wurde. Im Vergleich zur Terra Sigillata aus dem benachbarten Atelier von La Péniche (*Küpfer* und *Maggetti* 1978, Porosität zwischen 45–50%) sind die Werte beider Ateliers niedriger (für oxidierend gebrannte Ware, 40–45%). Die grobkeramischen Scherben mit hohem Magerungsgehalt (Nr. 26, 29, 33, 36) sind durch niedrigere Porositäten gekennzeichnet, da sie viel mehr porenfreie Magerungsanteile besitzen. Im Gegensatz zum Atelier des 2. Jh. scheint die CaO-arme Ware des 1. Jh. kleinere Porositäten zu haben, was mit den höheren Brenntemperaturen im Atelier 25 (Zusintern der Poren beim Brand!) in gutem Einklang stünde.

Tab. 7. Raumgewicht (g/cm³), spez. Gewicht (g/cm³) und Gesamt-Porosität (%) ausgewählter Scherben.

Proben-Nr.	Raumgewicht	spez. Gewicht	Gesamt-Porosität
10	1.69	2.76	38.7
14	1.46	2.77	47.3
17	1.62	2.63	38.4
19	1.59	2.74	41.9
24	1.67	2.68	37.6
26	1.73	2.67	35.2
28	1.73	2.74	36.8
29	1.72	2.64	34.8
30	1.89	2.74	31.0
32	1.84	2.58	28.6
34	1.81	2.77	34.6
35	2.17	2.70	19.6
36	1.83	2.62	30.1
39	1.43	2.76	48.1
40	1.83	2.68	31.7
42	1.71	2.72	37.1
43	1.57	2.61	39.8
44	1.97	2.70	27.0
45	1.57	2.76	43.1
70	1.73	2.72	36.3
71	1.80	2.72	33.8
72	1.69	2.74	38.3
73	1.55	2.70	42.6
75	1.59	2.68	40.6
79	1.58	2.72	41.9
80	1.94	2.77	29.9
81	1.63	2.70	39.6
82	1.63	2.64	38.2
84	1.68	2.70	37.7
85	1.69	2.73	38.0
89	1.45	2.73	46.8
94	1.58	2.73	42.1

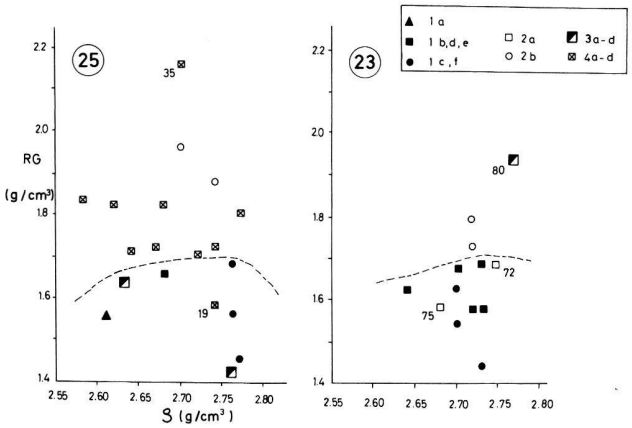


Abb. 22. Raumgewicht (RG) gegen Dichte (ϱ) für die zwei Töpfereien des Sektors 23 und 25. 1a, 1b usw. = Mineralassoziationen laut Abb. 19 und 20.

Auch bei der Porosität ist kein signifikanter Unterschied zwischen oxidierend und reduzierend gebrannten Proben festzustellen.

4.5. Sekundäre Umbildungen des Scherbenmaterials

Ein keramischer Scherben kann sich während des Gebrauchs und der Bodenlagerung in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften verändern (*Maggetti* 1981b). Chemische Komponenten werden herausgelöst oder zugeführt, Mineralien zerfallen oder bilden sich neu und das Gefüge kann dichter (Zuzementieren der Poren) bzw. poröser (Auslaugen) werden. Dass sich Sekundär-Minerale im Boden bilden können, wurde von *Maggetti* und *Heimann* (1979) sowie *Heimann* und *Maggetti* (1981) experimentell nachvollzogen. Ausgehend von einem kalkreichen Scherben gelang ihnen – je nach verwendeten «Bodenlösungen» – die Synthese von z. B. Kalzit, Garronit, Wairakit.

Das dominierende Sekundär-Mineral der analysierten Lausanner Scherben ist zweifelsohne Kalzit, der praktisch in jedem Stück vorkommt. Wairakit wurde nur in 3 Scherben (Nr. 10, 11, 14), Garronit nur im Import-Mörser Nr. 80 nachgewiesen. Warum sich Wairakit nur in den gut gebrannten Krügen des Ateliers aus dem Sektor 25 findet, ist nicht ganz klar; vielleicht entstand er aus ehemaligem Gehlenit, wie dies von *Maggetti* und *Heimann* (1979) postuliert wurde?

Im Abschnitt «Brenntemperatur» wurde ausgeführt, dass der Kalzit der Phasen-Assoziationen 1a und 4a wahrscheinlich primärer Natur, derjenige der anderen Assoziationen hingegen sicher sekundärer Genese ist. Im nun folgenden Abschnitt werden einige Überlegungen zur Entstehung dieser sekundären Phase dargestellt.

Die chemische Analyse hat gezeigt, dass für die Herstellung der Lausanner Keramik kalkreiche und kalkarme Tone verwendet wurden. Bei der chemischen Analyse wurde auch der Glühverlust jedes untersuchten Scherbens bestimmt. Man erhält diesen Wert, wenn das Scherbenpulver 1 Stunde lang bei 1050 °C geglüht wird. Die Gewichtsdifferenz zwischen dem getrockneten Scherben bei 110 °C und dem geglühten ergibt dann den Glühverlust (in Gew.%).

Der Glühverlust rührt von Mineralphasen her, die beim Brand einen flüchtigen Bestandteil abgeben. In Frage kommen reliktisch erhaltene Tonminerale (Wasserabgabe) und Karbonate (CO_2-Dissoziation) oder sekundäre H_2O-haltige Minerale (Wairakit) bzw. Karbonate (Kalzit, Dolomit). Trägt man den Glühverlust der Scherben gegen ihren CaO-Gehalt auf, so ergibt sich für die Mehrzahl der Proben eine gute positive Korrelation (Abb. 24). Die hohen Glühverluste der aus der Reihe fallen-

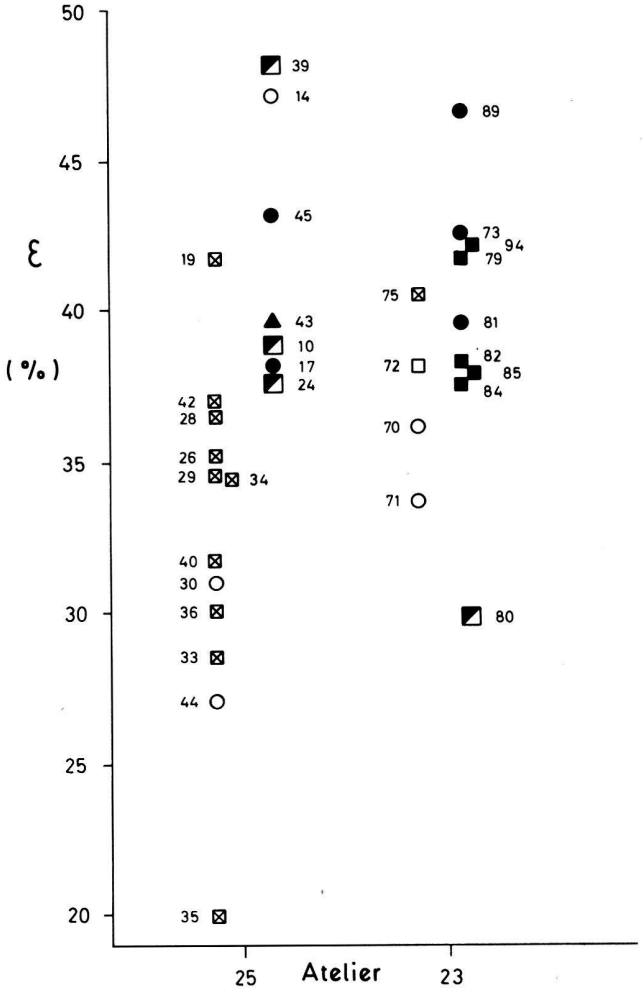


Abb. 23. Vergleich der totalen Porosität (ε) der Ateliers Sektor 23 und 25. Symbole wie in Abb. 22. Erläuterungen im Text.

den, *CaO-armen Proben* (z. B. Nr. 19, 21, 92) stammen von den primären, noch nicht zerstörten Tonmineralien; diese Scherben gehören zu den Phasenassoziationen 2a und 4a, die im Diffraktogramm Tonminerale enthalten. Wie schon ausgeführt, müssen diese Scherben bei niedrigen Temperaturen gebrannt worden sein.

Im Falle der *CaO-reichen Scherben* (ab 3–5 Gew.% CaO) wird der Glühverlust nur durch die Dissoziation der Karbonate hervorgerufen, deren Präsenz durch das Diffraktogramm bestätigt wird. Abweichende Proben mit deutlich höheren Werten (z. B. Nr. 17, 28, 43, 69) weisen im Diffraktogramm neben Kalzit noch Tonminerale auf; der Glühverlust dieser Scherben ist demnach eine Kombination von H_2O- und CO_2-Dissoziationsprozessen primärer Tonminerale bzw. Karbonate. In den kalkreichen Proben ist ferner zu erkennen, dass die höher

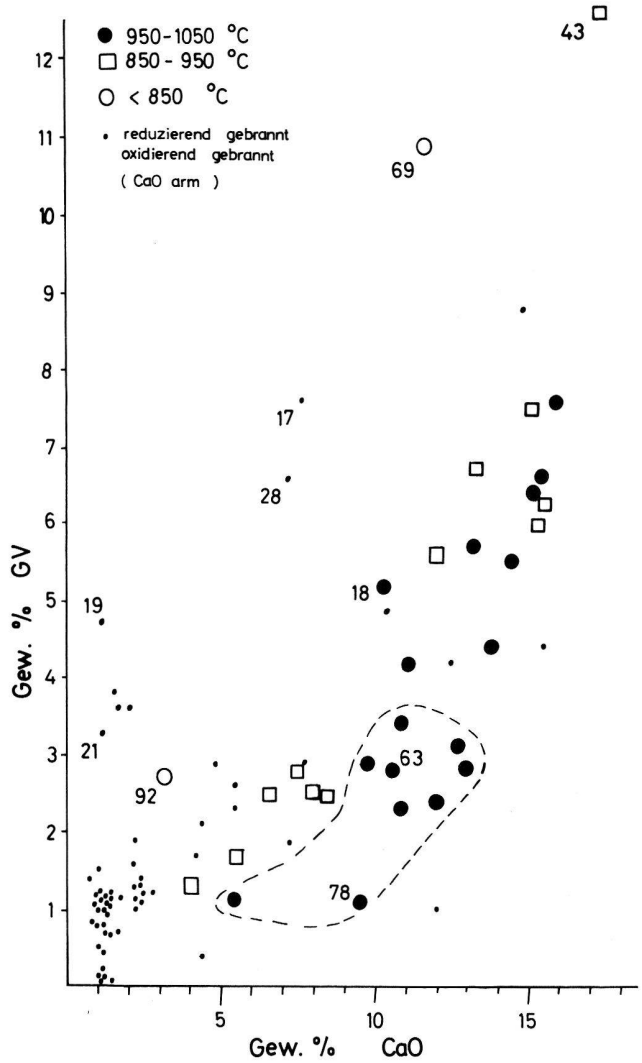


Abb. 24. Glühverlust (GV) in Funktion des CaO-Gehaltes. Gestrichelt umgrenzt = Proben der Werkstatt des Sektors 25. Erläuterung im Text.

gebrannten Scherben (950–1050 °C) niedrigere Glühverluste besitzen als die niedriger gebrannten (850–950 °C) Proben vergleichbaren CaO-Gehaltes. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um ein graues oder ein rotes Stück handelt. Eine Korrelation mit den einzelnen Keramiktypen ist nicht festzustellen. Die Abb. 24 zeigt weiter, dass die gut gebrannte Keramik (950–1050 °C) des Ateliers aus dem 1. Jh. (gestrichelte Umgrenzung) im Allgemeinen niedrigere Glühverluste aufweist als diejenige des jüngeren Ateliers Sektor 23 – ein Hinweis auf bessere Brennbedingungen (höhere Brenntemperaturen? Längere Haltezeit?)?

Vergleicht man die Höhe der Kalzit-Hauptinterferenz der Diffraktogramme kalkreicher Proben mit dem Glühverlust, so ergibt sich eine gewisse Korrelation (Abb. 25). Dies stützt die Annahme, dass der Kalzitgehalt für die Höhe des Glühverlustes massgebend ist. Andere Phasen wie z. B. Portlandit $Ca(OH)_2$ wurden – mit Ausnahme von Wairakit und Garronit – nicht nachgewiesen. Dass es sich bei den oberhalb 850 °C gebrannten Scherben um *sekundären* Kalzit handeln muss, wurde schon besprochen. Wie hat er sich aber gebildet? Wie von *Küpfer* und *Maggetti* (1978) dargelegt, kann sich dieser sekundäre Kalzit wie folgt bilden:

a. der CaO-Anteil stammt aus dem Scherben selber, der CO_2-Anteil wird von den zirkulierenden Bodenwässern bzw. der Luft geliefert.
b. CaO- und CO_2-Anteil stammen aus den Bodenwässern; der Kalzit kristallisiert direkt aus den Bodenlösungen.

Da nun alle Scherben denselben Bodenlagerungsbedingungen ausgesetzt waren, kann die Korrelation des Glühverlustes mit der erreichten Brenntemperatur nur mit dem Falle a. vereinbart werden, denn sonst müsste der Glühverlust wahllos auf unterschiedlich hoch gebrannte Scherben verteilt sein und wäre auch in den CaO-armen Scherben höher. Der Einwand, dass die hoch gebrannten Scherben sehr dicht sind und deswegen keine Zirkulation der Bodenwässer zuliesse, wird durch die hohe Porosität derselben Scherben widerlegt. Als umwandelbare Minerale kommen die silikatischen Brennphasen (Gehlenit, Diopsid/Wollastonit, Anorthit) oder die noch nicht mit einem silikatischen Bestandteil kombinierte CaO-Phase in Betracht. Letztere entsteht bei der Dissoziation des Kalzites gemäss der chemischen Reaktion: $CaCO_3$ (Kalzit) → CaO + CO_2. Wie schon ausgeführt, ist der Glühverlust von Proben gleichen CaO-Gehaltes mit der Brenntemperatur korrelierbar; schwach gebrannte Scherben haben höhere Glühverluste als hoch gebrannte. Es ist

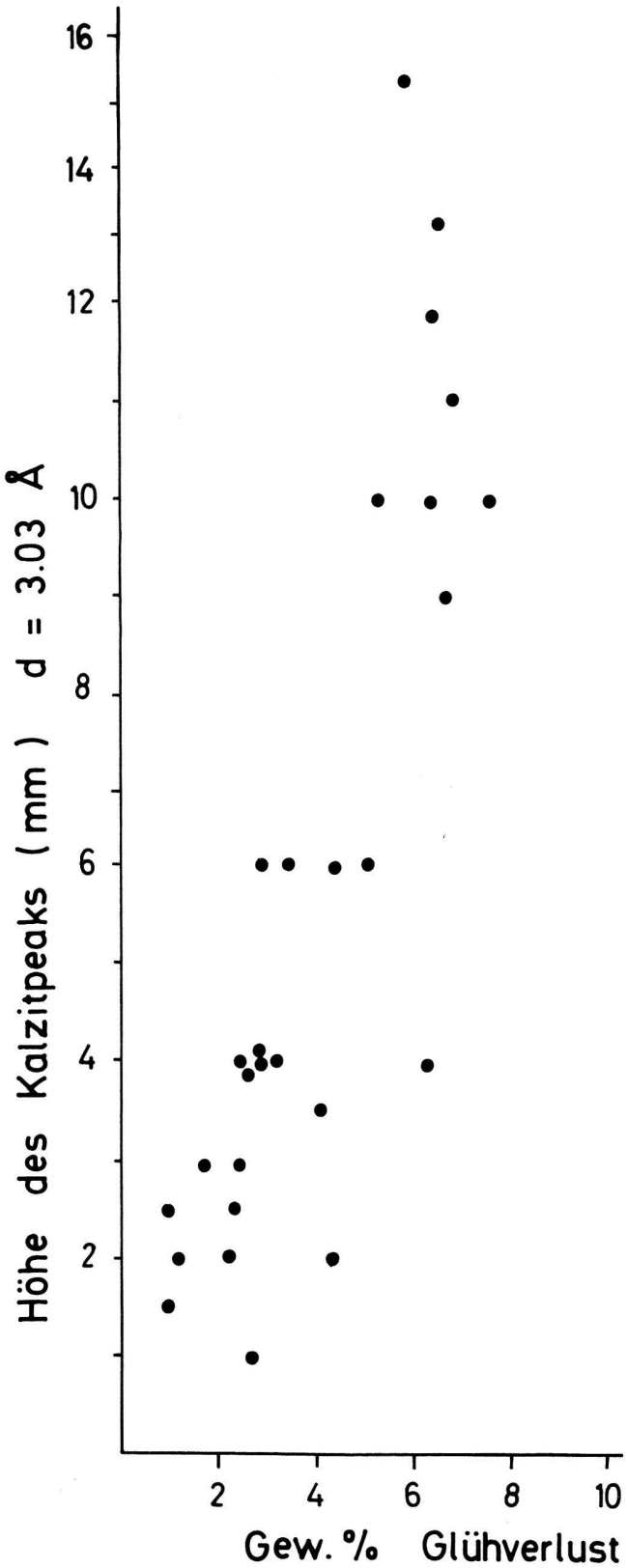


Abb. 25. Korrelation des Gehaltes an sekundärem Kalzit mit dem Glühverlust für die Keramik des Ateliers des Sektors 23.

nun sehr wahrscheinlich, dass in den schwach gebrannten Proben die Brennbedingungen so waren, dass nach dem Brand noch freie, nicht silikatisch gebundene CaO-Phase vorlag, die sich zuerst im Kontakt mit Wasser zu Portlandit, dann im Laufe der Zeit zu Kalzit umwandelte. Die geringe Korngrösse der primären Kalzitkristalle und die hohe Porosität der Scherben wird die gefürchtete Sprengwirkung der CaO-Hydratationsreaktion verhindert haben. Im Gegensatz dazu konnte sich in den gut gebrannten Proben praktisch alles freie CaO silikatisch (als Mineralphase Plagioklas, Gehlenit, Diopsid/Wollastonit) binden. Dadurch könnten die unterschiedlichen Glühverluste problemlos erklärt werden, denn die Rekarbonatisierung eines Kalk-Silikates ist naturgemäss ein viel langsamerer Vorgang als diejenige des Portlandites.

Ein interessantes Detail sei noch in Abb. 26 vorgestellt. Am Beispiel der Keramik des Ateliers Sektor 23 wird gezeigt, dass der Glühverlust mit der Höhe des H_2O^--Wertes zusammenhängt. Das gilt auch für die Scherben des Ateliers Sektor 25. Für dieses Phänomen haben wir bislang noch keine Erklärung; Es muss aber irgendwie mit dem sekundären Kalzit zusammenhängen, da Illit-reiche Scherben (Glühverlust um 3 Gew.%) keine hohen H_2O^--Gehalte aufweisen.

5. *Zusammenfassung*

Die chemische und mineralogische Untersuchung von 94 fein- und grobkeramischen Scherben dreier gallo-römischer Töpfereien von Lousonna zeitigt folgende Ergebnisse:

a. Die Keramik der drei Werkstätten ist chemisch ähnlich und zwei Referenzgruppen «Lousonna» zuzuordnen: einer CaO-armen (Lousonna 1) und einer CaO-reichen (Lousonna 2).
b. Die gallo-römischen Töpfer haben in den drei Werkstätten dasselbe eiszeitliche Tonlager der näheren Umgebung abgebaut, dessen Kalzitgehalt (und damit der chemischen CaO-Gehalt) von Schicht zu Schicht schwankte. Eine bewusste Auslese kalzitreicher (mergeliger) Tone scheint nur für die Krüge und die Mörser (im Atelier des Sektors 25) der Fall gewesen zu sein.
c. Die zwei rohstofflichen Haupttypen (CaO-arm, CaO-reich) werden denselben mineralogischen qualitativen Bestand besessen haben: Quarz, Illit, Chlorit, Plagioklas, Kalifeldspat, Kalzit, Eisen-Hydroxide. Nur der Kalzit- und der damit korrelierte Quarzgehalt wird von Schicht zu Schicht bzw. von Haupttyp zu Haupttyp ge-

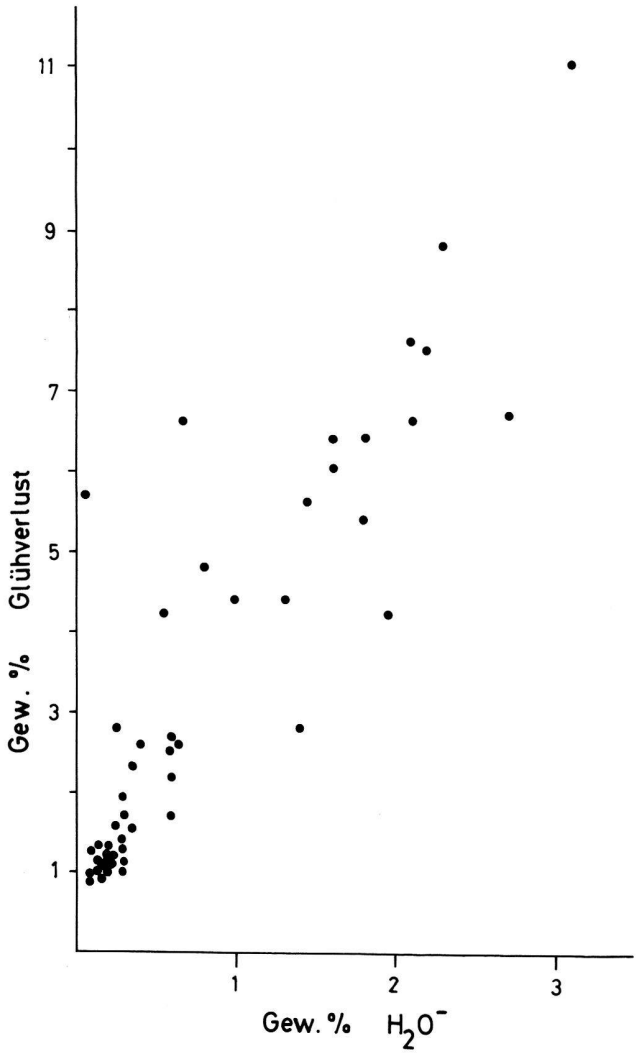


Abb. 26. Korrelation des Glühverlustes mit dem H_2O^--Wert für die Produktion der Töpferei des Sektors 23.

schwankt haben. Der Gehalt natürlicher Magerung ist im CaO-armen Ton höher (10–30 Vol.%) als im CaO-reichen (5–10 Vol.%).

d. Die Scherben können nach ihrer Farbe und dem CaO-Gehalt vier Farbgruppen zugeordnet werden. Jede Farbgruppe ist weiter nach dem röntgenographischen bestimmten Phasenbestand in Phasenassoziationen zu unterteilen. Daraus können für die oxidierend gebrannten, roten bis beigen Scherben die vermutlichen Brenntemperaturen bestimmt werden. Unter- und Überbrände sind auf Grund der Phasenassoziation als solche zu erkennen.

e. Die Produktion der Werkstatt des Sektors 23 (2./3. Jh.) unterscheidet sich von derjenigen des Sektors 25 (1. Jh.) durch folgende Merkmale:
   - Gehlenitgehalt. Dies deutet auf die Verwendung gröberer Rohstoffe in der Werkstatt des Sektors 23.
   - dominierender oxidierender Brand.
   - gute Handhabung des Reduktionsbrandes, d.h. gezielte Einstellung des Reduktionsverhältnisses (bewusste Kontrolle der Ofenatmosphäre).
   - mehr Proben, die bei relativ niedrigen Temperaturen (850–950 °C) gebrannt wurden.

f. Die kalkreiche Keramik hat eine höhere Gesamtporosität als die kalkarme. Hoch gebrannte Proben besitzen eine niedrigere Gesamtporosität als schwach gebrannte. Das Raumgewicht ist mit der Gesamtporosität korreliert. Die Ergebnisse der Quecksilber-Druckporosimetrie sind (wohl auf Grund sekundärer Veränderungen der Scherben) nicht eindeutig interpretierbar.

g. In der Bodenlagerungsphase wurde der noch nicht silikatisch gebundene CaO-Phasenanteil durch Rekarbonatisation zu Kalzit als sekundäres Mineral umgewandelt. Daneben sind noch Wairakit und Garronit als sekundäre Phasen zu erkennen. Diese Bodenlagerungsphasen zementieren die Poren.

h. Der Glühverlust ist mit dem H_2O^--positiv korreliert.

Danksagung

Wir danken Frau Marbacher für die Hilfe bei den chemischen Analysen, Frau Piller für die erste Reinschrift des Manuskriptes, Herrn Jornet für die Hilfe während den Auswertungen und die Herstellung der Zeichnungen, sowie Herrn Bourqui für die sorgfältige Anfertigung der Dünnschliffe. Diese Arbeit wurde teilweise mit Mitteln des Schweizerischen Nationalfonds (Projekt 1.844–0.78, Mitarbeit von Herrn Jornet) finanziert, wofür bestens gedankt wird. Vor allem danken wir Frau Lemoine und Herrn Picon für die tatkräftige Hilfe bei der statistischen Interpretation.

Literatur

Heimann, R. B. (1978/79): Mineralogische Vorgänge beim Brennen von Keramik und Archaeothermometrie. - Acta Praehistorica et Archaelogica 9/10, 79-102.

Heimann, R. B. (1979): Archaeothermometrie: Methoden der Brenntemperaturbestimmung von antiker Keramik. - Fridericiana, Z. der Univ. Karlsruhe, H. 24, 17-34.

Heimann, R. B., Maggetti, M. und Einfalt, H. C. (1980): Zum Verhalten des Eisens beim Brennen eines kalkhaltigen illitischen Tones unter reduzierenden Bedingungen. - Ber. Dt. Keram. Ges. 57, 6-8, 145-152.

Heimann, R. B. und Franklin, U. M. (1981): Archaeo-thermometry: The Assessment of Firing Temperatures of Ancient Ceramics. - J. IIC-CG, 4,2,23-45.

Heimann, R. B. and Maggetti, M. (1981): Experiments on simulated burial of calcareous terra sigillata (mineralogical change). Preliminary results. - British Museum Occasional Paper, 19, 163-177.

Jornet, A. (1980): Composition de la céramique romaine d'Augusta Raurica (Augst). - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 60, 271-285.

Küpfer, T. und Maggetti, M. (1978): Die Terra Sigillata von La Péniche (Vidy/Lausanne). - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 58, 189-212.

Laufer, A. (1980): La Péniche, un atelier de céramique à Lousonna. - Cahiers d'archéologie romande, n° 20, Lousonna 4, 1-80.

Maggetti, M. (1980): Recherches minéralogiques, chimiques et technologiques sur la terre sigillée de l'atelier de la Péniche (Vidy/Lausanne. - Laufer, A.: La Péniche, un atelier de céramique à Lousonna, Cahiers d'archéologie romande, 20, 4, 1980, 81-95.

Maggetti, M. (1981 a): Composition of roman pottery from Lousonna (Switzerland). - British Museum Occasional Paper, 19, 33-49.

Maggetti, M. (1981 b): Phase Analysis and its significance for technology and origin. - Smithsonian Institution, im Druck.

Maggetti, M. und Heimann, R. B. (1979): Bildung und Stabilität von Gehlenit in römischer Feinkeramik. - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 59, 3, 413-417.

Maggetti, M., Ferreira Marques, M. F. and Schubiger, P. A. (1980): Neutron activation analysis of the Terra Sigillata from La Péniche. - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 60, 111-123.

Maggetti, M., Galetti, G., Schwander, H., Picon, M. and Wessicken, R. (1981): Campanian pottery: the nature of the black coating. - Archaeometry, 23, 2, 199-207.

Maggetti, M. und Kahr, G. (1981): Homogenität archäologischer keramischer Objekte: Teil I. Porosität und Porenradienverteilung. - Archäologie und Naturwissenschaften, 2, 1-20.

Maggetti, M. and Rossmanith, M. (1981): Archaeothermometry of kaolinitic clays. - Revue d'Archéometrie, 3, Supplément, 185-194.

Maggetti, M. and Schwab, H. (1981): Iron age fine pottery from Châtillon-s-Glâne and the Heuneburg. - Archeometry, 23, 2, 199-207.

Marro, C., Maggetti, M., Stauffer, L. und Primas, M. (1979): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Laugener Keramik - ein Beitrag zum Keramikimport im alpinen Raum. - Archäologisches Korrespondenzblatt, 9, 4, 393-400.

Peters, T. und Jenni, J. P. (1973): Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeltonen. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser., 50, 1-59.

Picon, M. (1972): Recherches de laboratoires sur la céramique antique. - Revue archéologique (Paris), 119-132.

Picon, M. (1973): Introduction à l'étude technique des céramiques sigillées de Lezoux. N° 2. - Université de Dijon, faculté des sciences humaines. Centres de recherches sur les techniques gréco-romaines.

Picon, M. (1974 a): A propos d'un vase faussement attribué à Montans. - Revue Archéologique de Narbonnaise, VII, 219-223.

Picon, M. (1974 b): Recherches techniques sur les céramiques de Westerndorf et Pfaffenhofen. - Bayerische Vorgeschichtsblätter, 39, 185-191.

Picon, M. (1975): Céramique antique et détermination des provenances. - Les dossiers de l'archéologie, 9, 85-92.

Picon, M. (1976): Method for determining the origin of ancient ceramics. Sealed Gallo-Roman ceramics. - Ceramica (Florenz), 29, 2, 21-26.

Picon, M. (1977): Remarques préliminaires sur deux types d'altération de la composition chimique des céramiques au cours du temps. - Figlina 1, 1, 159-166.

Picon, M. et Vertet, H. (1970): La composition des premières sigillées de Lezoux et le problème des céramiques calcaires. - Extrait de la Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, XXI, 1-2, 207-218.

Picon, M., Vichy, M. and Meille, E. (1971): Composition of the Lezoux, Lyon and Arezzo Samian ware. - Archaeometry 13, 2, 191-208.

Picon, M., Meille, E., Vichy, M. et Garmier, J. (1973): Recherches sur les céramiques d'Ateius trouvées en Gaule. - R.C.R.F., Acta IV, 138-145.

Picon, M. et Vichy, M. (1974): Recherches sur la composition des céramiques de Lyon. - Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est, XXV, 1, 37-59.

Picon, M. et Garmier, J. (1974): Un atelier d'Ateius à Lyon. - Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, XXV, 1, 71-76.

Picon, M. et Lasfargues, J. (1974): Transfert de moules entre les ateliers d'Arezzo et ceux de Lyon. Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, XXV, 1, 61-69.

Picon, M. et Vauthey, M. (1975): Les céramiques de l'atelier de Terre-Franche: Problèmes de composition et problèmes techniques. - Revue Archéologique du Centre, 55-56, 285-302.

Picon, M., Carre, C., Cordolani, M. L., Vichy, M., Hernandez, J. A. and Mignard, J. L. (1975): Composition of the La Graufesenque, Banassac and Montans Terra Sigillata. - Archaeometry 17, 2, 191-199.

Schneider, G. (1978): Anwendung quantitativer Materialanalysen auf Herkunftsbestimmungen antiker Keramik. - Berl. Beitr. Archäom. 3, 63-122.

Schneider, G., Hoffmann, B. and Wirz, E. (1978): Significance and dependability of reference groups for chemical determinations of provenance of ceramic artifacts. - Archaeophysika, 10, 269-285.

Villaret, P. et Burri, M. (1965): Les découvertes palynologiques de Vidy et leur signification pour l'histoire du lac Léman. - Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 317, 69, 1-19.

Gilbert Kaenel
Petit-Beaulieu 10
1004 Lausanne

Daniel Paunier
Chemin de l'Etang 43
1210 Châtelaine-Genève

Marino Maggetti
Giulio Galetti
Mineralogisch-Petrographisches Institut
der Universität Freiburg
Pérolles
1700 Freiburg