

KAPITEL 13

Französische und schweizerische Fayencen zwischen Mythos und Realität

Marino Maggetti

Majolika, Fayence und Delfter Ware sind Synonyma für eine ganz spezielle Keramikgattung. Es handelt sich dabei um eine Irdenware, die äußerlich wie Porzellan aussieht. Zu diesem Zwecke wird der bleihaltigen Glasur Zinnoxid (SnO_2 , Cassiterit) als Trübungsmittel zugesetzt. Die Gefäße erscheinen so weiß. Diese Töpfer- resp. Glasurtechnik ist ca. 1000 Jahre alt und wurde im 9. Jh. n. Chr. im mesopotamischen Raum eingeführt. Auf Grund des porzellanartigen Aussehens in Form und Dekor der ältesten Fayencen dieses Gebietes ist anzunehmen, dass der Zinnzusatz nicht zufällig, sondern absichtlich erfolgte, wahrscheinlich um die zu dieser Zeit nach Mesopotamien gelangenden ersten chinesischen Porzellangefäße der T'ang Dynastie zu imitieren (Caiger-Smith 1973). Im Laufe der Eroberungen des Mittelmeerraumes durch die Araber gelangte die neue, musulmanische Glasurtechnik auch nach Spanien. Im 12.-15. Jh. war sie dort in Zentren wie Talavera-Puente, Paterna-Manises und Sevilla in hoher Blüte. Von Spanien kam der Keramiktyp nach Frankreich – Mitte des 13. Jh. wurde in Marseille Fayence produziert (Marchesi et al. 1997) – und über die Balearen nach Italien, z.B. Faenza, und von dort verbreitete sich die Kenntnis der Fayenceproduktion nach Norden und Westen weiter. So entstanden laufend weitere Manufakturen in Frankreich, Deutschland, Holland, England, der Schweiz usw.

Die französischen Manufakturen des 18. und 19. Jh. verfertigten und brannten ihr Fayencegeschirr in mehreren Etappen (Rosen 1995, Maggetti 2007). Sie verwendeten dabei nicht mehr Einkammer-Öfen wie die älteren Fayence-Manufakturen, sondern als große Neuerung Zweikammer-Öfen. Nach der Formgebung und der Trocknung kamen die Rohlinge in die obere Kammer und wurden dort bei Maximal-Temperaturen von 900-950 °C zum Biscuit gebrannt. Dabei entwichen Wasser und andere flüchtige Bestandteile. Die im Schrühbrand entstandenen Biscuits wurden hierauf in die wässrige Zinnoxid-Bleiglasur getaucht. Der poröse Scherben entzog der sich anlagernden Glasurschicht das Wasser und fixierte das Glasurpulver. Falls man Weißgeschirr erzeugen wollte, kam die Ware, nach einer kurzen zweiten Trocknungsphase, gut verpackt in feuerfesten Kapseln, in die untere Ofenkammer und wurde bei ca. 950-1050 °C glattgebrannt. Über die dabei ablaufenden mineralogischen Reaktionen orientiert Maggetti (1986). Falls man aber die Ware bemalen wollte, wurden die Objekte vor dem Glattbrand noch mit den sog. Scharfffeuerfarben bemalt, die direkt auf das ungebrannte, trockene Zinnoxid-Bleiglasur-Pulver aufgebracht wurden – ein heikler Vorgang, da der Pinselstrich nur schwer zu korrigieren war. Diese farbigen Glasurpulver schmolzen dann während des Garbrandes und sanken in die darunterliegende, gleichzeitig geschmolzene Zinnglasur ein. Nur wenige Metalloxide und Kristalle halten die ho-

hen Temperaturen des Glattbrandes aus – die Farbpalette ist deswegen beschränkt auf Blau, Braun, Gelb, Grün, Rot, Schwarz, Violett und Weiß. Das glattgebrannte, nicht- oder Scharffeuer-dekorierte Geschirr konnte man mit Muffelfarben, d.h. mit gefärbten Glaspulvern, bemalen. Korrekturen waren in diesem Falle jederzeit möglich. Solche Aufglasurfarben haben eine niedrigere Schmelztemperatur als die Scharffeuerfarben und werden im Bereiche von etwa 600-800 °C in einem Muffelofen, der eine vollständig vom Feuerungsbereich getrennte Ofenkammer besitzt, in die Glasur eingebrannt. Bei den niedrigen Temperaturen des dritten Brandes sind mehr Metalloxide und Kristalle stabil als im Glattbrand, was zu einer reicheren Farbpalette führt. Muffelfarben wurden in Frankreich um 1750 eingeführt.

Die Definition petrographischer, geochemischer und technologischer Eigenschaften französischen und schweizerischen Fayencegeschirrs ist erst seit kurzem Ziel einiger archäometrischer Arbeiten. In Frankreich lag der Schwerpunkt vor allem auf der chemischen Analyse der Fayencen weniger ausgewählter Herstellungszentren, mit deren Hilfe die einzelnen Produkte gut auseinander gehalten werden können (Démians d'Archimbaud und Picon 1972, Picon und Démians d'Archimbaud 1978, Vallauri et al. 1978, Dufournier 1989, Schmitt 1990, Picon 1993, Rosen 2001a, Rosen et al. 2007). Die Offizin von Meillonas wurde archäologisch, kunsthistorisch und archäometrisch erforscht (Rosen 1993, 2000). Rosen (1995) befasste sich mit den Techniken der französischen Fayence-Ateliers des 14. - 19. Jh. Petrographische Untersuchungen fehlen gänzlich. Erste chemische Analyse der Glasuren geben Maggetti et al. (2007). Die chemische Zusammensetzung des Glasur-Vorproduktes, d.h. der oxydierten Blei- und Zinnmischung, aus der Manufaktur von Arthé findet sich bei Pellet (1993). Von den im 18. und 19. Jh. tätigen, dreizehn wichtigsten Fayence-Manufakturen der Schweiz sind nur drei archäometrisch (Chemie, Mineralogie, Petrographie, Technologie) untersucht worden, nämlich Matzendorf und, weniger umfassend, Kilchberg-Schooren (Maggetti und Galetti 2000) sowie Freiburg (Blanc 2007).

Bei der naturwissenschaftlichen Untersuchung der Fayencen kommen meistens folgende Methoden zum Einsatz: Polarisationsmikroskopie (Gefügeanalyse, mineralogische und petrographische Analyse), Röntgendiffraktometrie (mineralogische Phasenanalyse), Röntgenfluoreszenz (quantitative chemische Analyse) und Rasterelektronenmikroskopie, gekoppelt mit einem energiedispersiven Zusatz (REM-EDS) (Gefügeanalyse, semiquantitative mikrochemische Analysen einzelner Kristalle und der Glasuren, Elementanalyse gerasteter Flächen). Details zum archäometrischen Einsatz dieser Methoden geben beispielsweise d'Anna et al. (2003), Maggetti (1982, 1991, 2001), Mommsen (1986), Noll (1991), Schneider et al. (1989) sowie Velde und Druc (1999). Für eine ausführlichere Literaturliste siehe Maggetti (2006). Bei der Auswertung der chemischen Resultate werden auch multivariate statistische Methoden einbezogen, deren Grundlagen für die Archäometrie in vielen Publikationen diskutiert wurden (z.B. Mommsen 1981, Picon 1984, Vitali und Franklin 1986, Mommsen et al. 1988, Beier und Mommsen 1994, Baxter 1994, 2003, Bartel et al. 2003, Mucha et al. 2005).

Die folgenden Ausführungen wollen nicht einen generellen Überblick archäometrischen Schaffens im gesamten Fayence-Bereich geben, sondern beschränken sich auf die Zeit des 17. Jh. bis zur Mitte des 19. Jh., also auf einen Zeitrahmen von etwa 250 Jahren. Man kann sich fragen, ob archäometrische Untersuchungen an

solch jungem Material notwendig und sinnvoll seien, da doch eine Fülle archivalischer Dokumente zur Herstellungstechnik und zur Geschichte der einzelnen Produktionsstätten greifbar sind und ausgewertet werden können. Abgesehen von vielen unpublizierten Rezeptbüchern, die noch einer kritischen Edition harren, liegen genügend zeitgenössische keramische Standardwerke vor, die sowohl die technologischen wie auch die geschichtlichen Aspekte umfassend behandeln (Diderot und d'Alembert 1751-1780, Bastenaire-Daudenart 1828, Brongniart 1844). Trotz dieser grundlegenden Werke bleiben noch viele Unklarheiten und Ungereimtheiten zu klären, wie dies an vier Beispielen aus je zwei französischen und schweizerischen Manufakturen erläutert wird. Die beiden ersten Fälle befassen sich mit der Herkunft, die beiden letzten mit der Technik.

13.1 Die Fayence von Freiburg im Uechtland, Schweiz – eine eigenständige Produktion?

Mit der Forschungsgeschichte der Fayence-Manufaktur der Stadt Fribourg, d.h. dem schweizerischen Freiburg im Uechtland (Abb. 1), befasst sich Schnyder (2007a). Die ersten Erwähnungen finden sich bei Kuenlin (1832) und Berchtold (1841). Aber erst in seinem Vortrag von 1945 legte Frei (1962) eine umfassendere Darstellung vor. Als Freiburger Produkte wurden seither Stücke deklariert, die auf der Rückseite die seltenen Marken „CF“, „FC“ oder „FCG“ tragen (Abb. 2)



Abb. 1. Lage der im Text erwähnten schweizerischen Fayence-Manufakturen.



Abb. 2. Fayence-Teller der Manufaktur Freiburg, Schweiz, mit Signatur „FC“ auf der Rückseite. Periode François Camélique 1758-1768. Bemalung in Muffelfarben. Chemische Analyse Fr 14. Privatsammlung. Photo P. Bossard.

oder mit einem Wappen führender Freiburger Familien (Zwick 2007) versehen sind (Abb.3). Die Dekore dieser Fayencen bildeten hierauf solide Grundlagen für stilkritische Zuordnungen analoger Bemalungen auf Objekten ohne Marken oder freiburgischen Wappen. Diese Zuweisungen waren aber in den letzten Jahrzehnten sehr umstritten. So wurden identische Stücke wahlweise auch anderen schweizerischen Manufakturen (z.B. Bern, Couvet) oder französischen (z.B. Meillonas) zugewiesen. Dass die Herkunft nicht nur in akademischen Fachkreisen kontrovers diskutiert wird, sondern auch im antiquarischen Markt, dokumentiert beispielsweise ein Verkaufskatalog von Christie's (17.11.1999, S. 35), wo zwei mit dem Wappen der freiburgischen Patrizier-Familie de Gléresse versehene Teller als „a pair of French plates, ca. 1770“ angepriesen wurden.

Laut Archivforschungen dauerte die Fayenceproduktion in der Stadt Freiburg von 1758 bis 1844 (Torche-Julmy 2007a). Die freiburgische Regierung unterstützte im Jahre 1758 das Vorhaben von François Camélique, Wirt vom „Cheval Blanc“, in der Stadt Freiburg eine Fayence-Manufaktur zu gründen. Zu diesem Behufe assoziierte er sich mit dem französischen Fayencier Gabriel Barbier und kaufte das Wirtshaus „Le Sauvage“, das ehemalige Zunfthaus der Sämischgerber, die nur die Häute von Kleintieren gerben durften. Auf Camélique folgte in den Jahren 1768-1772 Jean Sellier, ein anderer französischer Fayencier. Der nächste Direktor war hierauf bis 1798 François Charles Gendre, ein Einheimischer, dann dessen Sohn bis zu seinem Ableben im Jahre 1810. Seine Witwe verlegte die Manufaktur in das nahe gelegene Pertuis-Areal, wo die Produktion bis 1844 andauerte.

Abb. 3. Fayence-Teller der Manufaktur Freiburg, Schweiz, mit Wappen der Freiburger Aristokraten-Familie de Gléresse. Periode François Charles Gendre 1772-1798. Bemalung in Muffelfarben. Privatsammlung. Photo P. Bosshard.



Dank eines Neubaus im freiburgischen Neustadt-Quartier kamen in der Nähe des Pertuis-Platzes die Reste der im Jahre 1758 von François Camélique gegründeten Fayence-Manufaktur ans Licht (Bourgarel 2007). Da die Aushubsarbeiten ohne archäologische Begleitung begannen, konnte nur eine kleine Fläche systematisch ausgegraben werden. Dabei wurden zwei Fayenceöfen mit ihren Annexbauten, ein Kalzinierofen, sowie Reste von Töpferabfall und der Stadtmauer gefunden. Die Öfen und deren Annexbauten lehnten sich an die Stadtmauer an und befanden sich nahe des Flusses Saane, auf der der Nachschub der Rohstoffe (Tone, Holz) erfolgen konnte. Die freiburgische Manufaktur ist die erste in der Schweiz, die systematisch ergraben wurde. Dies ermöglichte die Bereitstellung des für die archäometrischen Analysen unabdingbaren Materials. Der Töpferabfall - Fehlbrände, Biscuits, Fayencen, technische Keramik -, als auch intakte Stücke aus privaten und öffentlichen Sammlungen wurden chemisch und mineralogisch analysiert um (1) den Stand der Herstellungstechnik zu klären und (2) die Zuweisungen nicht nur mit kunsthistorischen Argumenten, sondern auch mit Hilfe naturwissenschaftlicher Methoden vorzunehmen (Blanc 2007). Die Interpretation der naturwissenschaftlichen Resultate führt zum Schluss, dass die Manufaktur des « Sauvage » mindestens zwei verschiedene Tone verwendete, einen kalkfreien und einen kalkreichen. Ein Teil der technischen Keramik, wie beispielsweise die Kapseln, wurden aus einem kalkarmen Rohstoff gefertigt, während für andere Typen Rohstoff-Mischungen anzunehmen sind. Eine Vermischung zweier Tone konnte für die Fayence hingegen nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Die

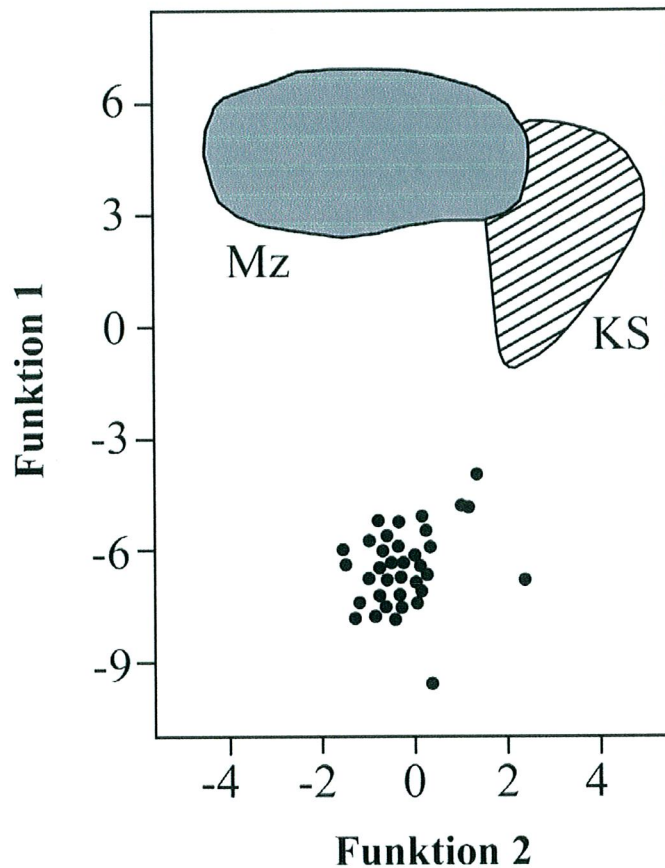
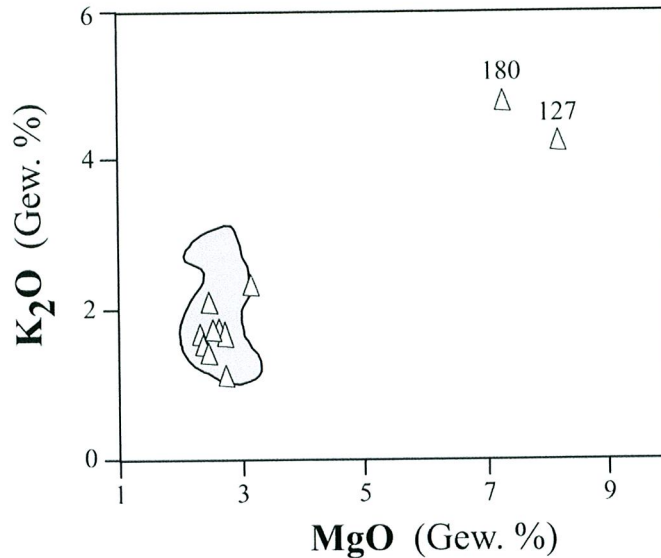


Abb. 4. Differenzierung der Fayence-Produktion von Freiburg, Schweiz (Punkte, $n = 36$), Kilchberg-Schooren (KS, $n = 20$) und Matzendorf (Mz, $n = 26$) mit Hilfe der Diskriminanzanalyse. Dieses multivariate statistische Verfahren geht von vorhandenen Gruppen aus und überprüft, ob sie stichhaltig sind und ob eventuell Objekte zu einer anderen Gruppe gehören. Umzeichnung aus Blanc (2007; SPSS, 15 Oxyde bzw. Elemente, Gehalte logtransformiert).

Fayencen zeigen unter dem Polarisationsmikroskop ein feinkörniges Gefüge, was auf eine gute Aufbereitung weist. Die grosse Gefüge-Variation der Ofenkeramik deutet dagegen auf eine schlechtere Aufbereitung der Tonmasse. Aus den röntgendiffraktometrischen Analysen kann geschlossen werden, dass die Brenntemperaturen der Biscuits und der Fayencen zwischen 950 und 1050°C anzusiedeln sind, was sich schlecht mit einem «modernen» Zweikammer-Ofen, sondern eher mit dem älteren Typ des Einkammer-Ofens vereinbaren lässt, in dem beide Materialgruppen gleichzeitig in der gleichen Ofenkammer, gebrannt wurden und demzufolge denselben Temperaturen unterworfen waren. Die prospektierten lokalen Tone variieren von kalkarm zu kalkreich und stimmen chemisch und gefügemässig gut mit den Produkten der Manufaktur überein. Es gibt keine materialmässigen

Abb. 5. K_2O/MgO -Korrelationsdiagramm mit der Fayence-Referenzgruppe aus Freiburg, Schweiz (gerasterte Fläche, $n = 36$) und elf Objekten aus privaten und öffentlichen Sammlungen (Dreiecke). Zwei davon sind magnesiumarm. Umzeichnung aus Blanc (2007).



Unterschiede zwischen den Biscuits und den Fehlbränden, wonach gefolgert werden kann, dass sowohl die nicht-glasierte und die zinnglasierte Feinkeramik wie auch die technische Keramik in der Manufaktur hergestellt wurden. Dies erlaubt die Definition einer neuen chemischen Fayence-Referenzgruppe. Sie ist eindeutig von den beiden anderen schweizerischen Fayence-Referenzgruppen Matzendorf und Kilchberg-Schooren (Maggetti und Galetti 2000) zu differenzieren (Abb. 1, 4). Elf dekorierte Sammlungsobjekte vermutlicher freiburgischer Provenienz wurden hierauf mit dieser Referenzgruppe konfrontiert. Zwei Magnesium-reiche Stücke sind zweifelsfrei nicht-freiburgisch (Abb. 5). Die übrigen aber, darunter auch solche mit den Wappen der Familien de Diesbach-Steinbrugg, de Gléresse-de Fégely und Kuenlin (Abb. 6), passen gut zur Referenzgruppe und sind daher freiburgischer Herkunft (Abb. 7). Sie stammen aus der Produktion von François Camélique /Jean Sellier und François-Charles Gendre, umfassen demnach die Produktionsjahre 1758-1798 der Sauvage-Manufaktur (Torche-Julmy 2007b). Diesselbe Methodik erlaubt die Zuweisung von etwa zwanzig Grabungsfunden des Kantons Freiburgs zur Manufaktur der Stadt Freiburg. Ein Teil davon gehört zur der Pertuis-Produktionsphase von 1810-1844 (Schnyder 2007b). Die chemische Übereinstimmung zwischen der Referenzgruppe (= Töpferabfall der Sauvage-Manufaktur), den erlesenen Sammlungsstücken derselben Manufaktur und den Pertuis-Produkten zeigt, dass das Herstellungsrezept der freiburgischen Fayencen während der ganzen Produktionszeit von mehr als 80 Jahren (1758 bis 1844) nicht groß verändert wurde. Dasselbe hatten schon Maggetti und Galetti (2000) für die Manufaktur von Matzendorf erkannt. Fehlerfreie Produkte, ohne Rissbildung und Abplatzen der Glasur, konnten nur durch ein Abstimmen der Zusammensetzung der Tonmasse und der Glasur durch zeitraubende und kostenintensive Versuche gefunden wur-



Abb. 6. Fayence-Platte der Manufaktur Freiburg, Schweiz, mit Blumendekor und Wappen der Familie Kuenlin. Periode François Camélique/Jean Sellier, ca. 1768. Bemalung in Muffelfarben. Schweizerisches Landesmuseum Zürich (LM 74297). Photo P. Bosshard.

den – hatte man dies einmal erreicht, so blieb man solange wie möglich bei den erfolgreichen Rezepten.

13.2 Die Fayence von Le Croisic - ein Mythos?

Im Frankreich des 17. Jh. existierten nur wenige Fayence-Manufakturen (Rosen 1995, Faÿ-Hallé und Lahaussais 2003) (Abb. 8). In kunsthistorischen Fachkreisen (Hinweise bei Rosen 1990) zirkuliert seit langem die Meinung, dass es auch an der Mündung der Loire eine Manufaktur gegeben haben soll. Das Argumentarium ist äußerst schwach, denn es gibt weder archäologische Evidenzen noch klare Indizi-

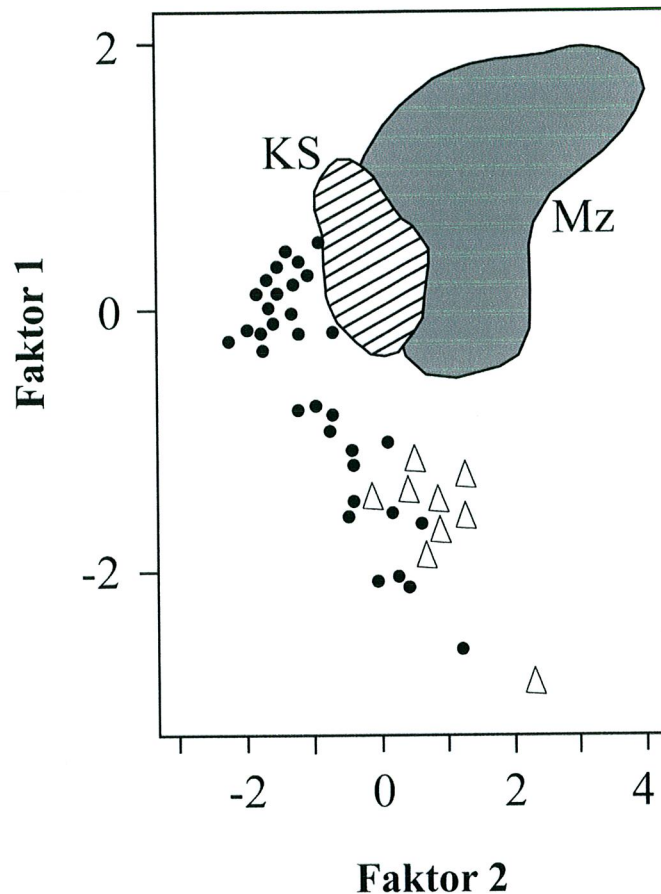


Abb. 7. Zuweisung von neun Fayencen aus privaten und öffentlichen Sammlungen (Dreiecke) zur Fayence-Referenzgruppe Freiburg, Schweiz (Punkte, $n = 36$) mit Hilfe der Faktorenanalyse. Mit dieser multivariaten statistischen Methode werden mehrere chemische Variablen zu einigen wenigen Faktoren kombiniert. Das Objekt mit dem niedrigsten Faktor 1-Wert bleibt trotz seiner marginalen Position solange in der Freiburger Fayencegruppe, bis eine besser passende Referenzgruppe publiziert sein wird. Mz = Referenzgruppe Matzendorf ($n = 26$), KS = Referenzgruppe Kilchberg-Schooren ($n = 20$). Umzeichnung aus Blanc (2007; SPSS, Hauptkomponentenanalyse, 15 Oxide bzw. Elemente, Gehalte logtransformiert).

en in den Archiven für einen derartigen Produktions-Standort. Im Kapitel 5 von Vince (1982) liest man denn auch Behauptungen wie „Certes, ... les faïences stan-nifères attribuées au Croisic sont sans marques connues, ni signatures. Cependant, formes, couleurs et décors découlent d’une homogénéité sans faille qui permet de les distinguer à coups sûr.“ und „En dépit des mystères qui demeurent autour de cette fabrique implantée au bord de l’Atlantique, mystères dont nous mesurons à la fois la complexité et les interprétations qu’ils suscitent, rien ne permet de contester l’existence, ni de rejeter la production de Croisic“. Die Diskussion dreht sich dabei

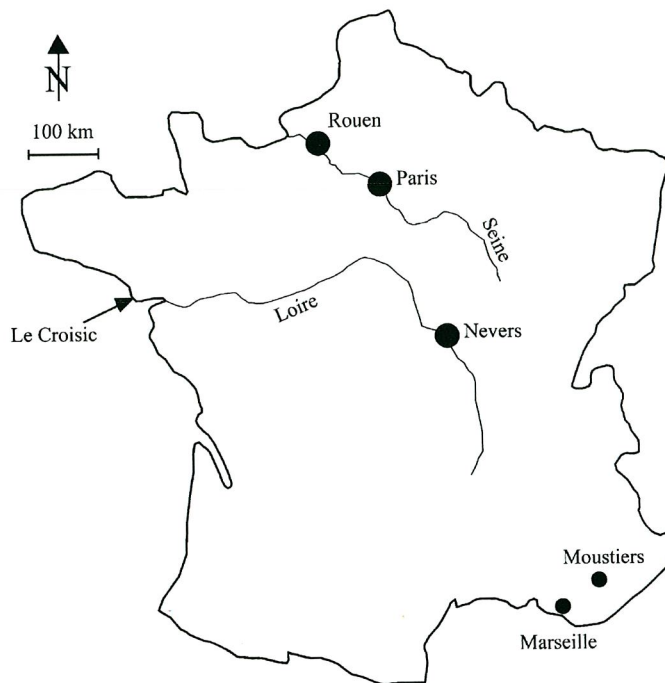


Abb. 8. Französische Fayence-Manufakturen des 17. Jh.. Umzeichnung aus Faÿ-Hallé und La-haussois (2003).



Abb. 9. Fayenceteller, Le Croisic zugeschrieben, laut den chemischen Analysen aber aus Nevers. 2. Hälfte 17. Jh., Dekor „a compendario“. Photo J.G. Aubert. Titelbild von Vince (1982) und Fig. 5 von Rosen (2004).



Abb. 10. Dendrogramm einer Clusteranalyse der Fayence-Referenzgruppe Nevers 17. Jh. (Punkte, $n = 19$) mit neun sog. Le Croisic Fayencen (Kreise). In einem solchen Dendrogramm, das zur Veranschaulichung einer hierarchischen Clusteranalyse dient, gruppieren sich die Untersuchungsobjekte nach ihrer chemischen Ähnlichkeit zu Gruppen bzw. Clustern. Je früher sich die Objekte bzw. die Cluster vereinigen, desto ähnlicher sind sie. 0-25 = skalierte Abstände zwischen den Clustern. Die Le Croisic Fayencen gruppieren sich zwar mehrheitlich außerhalb der Referenzgruppe, aber da sie kleinere Distanzen als die marginalste, echte Nevers Fayence aufweisen, stammen sie aus dieser Produktion und nicht aus Le Croisic. Umzeichnung aus Rosen et al. (2007a; SPSS, average linkage, between groups, squared euclidean distance, not standardized data, 18 oxydes resp. elements used).

um den von den italienischen Majoliken abgeleiteten Dekortyp „bianchi di Faenza“ im „a compendiario“ („in Zusammenfassung“) Stil, der für Nevers so typisch ist, der aber von Vince (1982) auch für die bretonische Produktionsstätte von Le Croisic geltend gemacht wird. Bei diesem Stil stützt sich die Ausführung des Dekors meist auf Stichvorlagen, wird aber, wie der Name sagt, aufs Wesentlichste reduziert und mit einem Minimum an Farben, oft nur in blau und gelb, ausgeführt.

Für die Zuordnung wurde zuerst eine chemische Referenzgruppe aus den Töpferabfällen der Fayence-Manufakturen des 17. Jh. von Nevers gebildet (Rosen 1997, Rosen et al. 2007). Hierauf wurden neun typische, sog. Le Croisic-Fayencen aus dem Museum des Schlosses der Herzöge von Bretagne in Nantes chemisch analysiert. Mittels multivariater Clusteranalyse kann gezeigt werden, dass diese neun Proben, auch diejenige des Titelbildes (Abb. 9) von Vince (1982), die als „echte“ Le Croisic Fayence galt, in Tat und Wahrheit von Nevers stammen (Rosen 2004), denn ihre skalierten Clusterdistanzen liegen deutlich unter der höchsten von Nevers (Abb. 10). Es gab demnach keine Fayence-Manufaktur in Le Croisic, sondern in Nevers, von wo aus die Objekte auf der schiffbaren Loire bis ans Meer und von dort bis nach Kanada verhandelt wurden.

13.3

Das Arkanum von Matzendorf – eine zuverlässige Rezeptsammlung?

1798 gründete der Solothurner Patrizier Ludwig von Roll die Fayencemanufaktur Matzendorf (Abb. 1), in der bis 1884 eine Fülle verschiedener Keramiktypen wie Fayencen, Steingut, Ofenkacheln, feuerfestes Kochgeschirr und Gebrauchsgeschirr hergestellt wurden. Die Biedermeier-Dekore der Fayencen (Abb. 11) ähneln denjenigen aus Kilchberg-Schooren, was eine eindeutige Zuordnung erschwert, zumal beide Produktionsstandorte ihre Stücke nicht kennzeichneten (Schnyder 1990, Verein Freunde der Matzendorfer Keramik 2000). Für die Zuweisung stützt man sich auf die seltenen Beschriftungen und vor allem auf Form und Dekor, was aber nicht immer für eine eindeutige Aussage ausreicht. Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen von Maggetti und Galetti (2000) liefern nun eine archäometrische Grundlage für die Lösung dieser jahrzehntelangen Kontroverse.

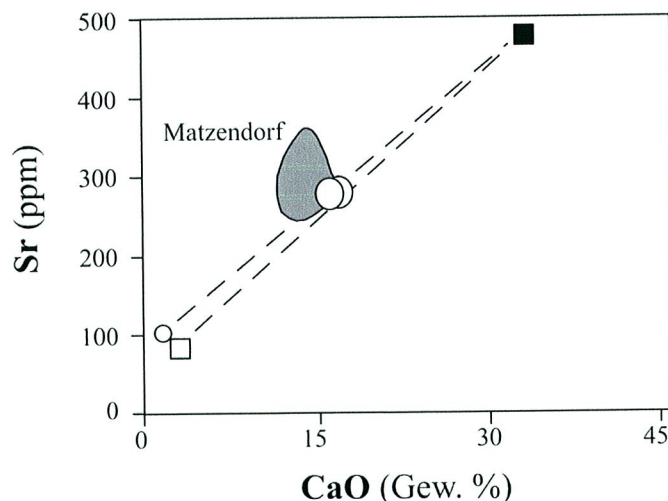


Abb. 11. Bartschale der Manufaktur Matzendorf, „Joseph Schärmeli von Matzendorf“ mit dem Sinnspruch „Ihr Leben sei so heiter, wie der holde Frühling, und Ihre Freundschaft und Liebe, an mir unsterblich, wie ihre edle gute Seele. Año 1844.“. Historisches Museum Olten (K 94). Analyse Mz 76. Photo R. Müller.

Felchlin publizierte 1971 das handschriftliche *Arkanum* „Über Fayanz“ aus der Frühzeit der Fayencefabrik Matzendorf, in der eine Fülle von Rezepten zur Herstellung von Steingut, Fayence und von braunem Kochgeschirr aufgelistet ist. Ein Arkanum ist die Geheim- oder Rezeptfibel, d.h. das A und O einer keramischen Offizin. Es wurde zum grössten Teil vom zweiten Direktor der Fabrik (1800-1804), François Contre aus Sarreguemines, verfasst (Vogt 2000). Die Schrift beschreibt den ganzen Prozess, von der Tonmischung über die Glasur- und Farbherstellung bis zum Brennprozess. Für die Herstellung der Fayencen wurden drei einheimische Vorkommen ausgebeutet: Mergel der Effingerschichten (Argovien, Unterer Malm), Bolustone (Eozän) und Molasselehme (Oligozän). Die alluvialen Schwemmlehme des Flusses Dünern, der direkt neben der Manufaktur vorbeifliesst, werden nicht erwähnt. Das Arkanum ist kategorisch: „Jede Fayanz Erde muss ein Zusatz von kalkartiger Erde haben, ansonsten sich die Glasur nicht darauf festbrennen würde“ (Felchlin 1971). Bekanntlich gibt ein Gehalt von ca. 15-25 Gew.% CaO in der Tonmasse dem Scherben einen hohen Dilatationskoeffizienten, ähnlich demjenigen der zinngetrübten Blei-Alkaliglasur, und führt zu einer erhöhten Scherbenporosität. Beides erleichtert die Haftung der Glasur (Munier 1957, Caiger-Smith 1973, Picon et al. 1995, Tite et al. 1998, Thornton 1997).

Mit Datum von 1805 wird ein Mischungsverhältnis von „3 Mergel + 1 Boluston + 3 Lehme“ und 1808 „2 Mergel + 2 Lehme“ vermerkt (Felchlin 1971). Es ergibt sich hiermit die seltene, reizvolle Gelegenheit, eine zeitgenössische Masse-Rezeptur auf ihren Wahrheitsgehalt zu überprüfen. Zu diesem Zwecke wurden die im Arkanum namentlich genannten Lokalitäten prospektiert und 19 Proben gewonnen. Diese wurden, dem Arkanum folgend, geschlämmt (<0.02 mm) und chemisch analysiert. Ausgehend von der 1805er und 1808er Rezeptur wurde dann versucht, die Matzendorfer Fayence-Mischung rechnerisch zu reproduzieren. Alle mögliche Kombinationen von Analysen der geschlämmten Tone sind so gerechnet und mit dem

Abb. 12. Strontium-Calciumoxid-Korrelationsdiagramm. Die zwei theoretischen 1805er und 1808er Mischungen (Grosse Kreise) passen gut zur Fayence-Referenzgruppe von Matzendorf (n = 26). Offenes Quadrat = Molasselehm, schwarzes Quadrat = Mergel der Effingerschichten, Kleiner Kreis = Boluston.



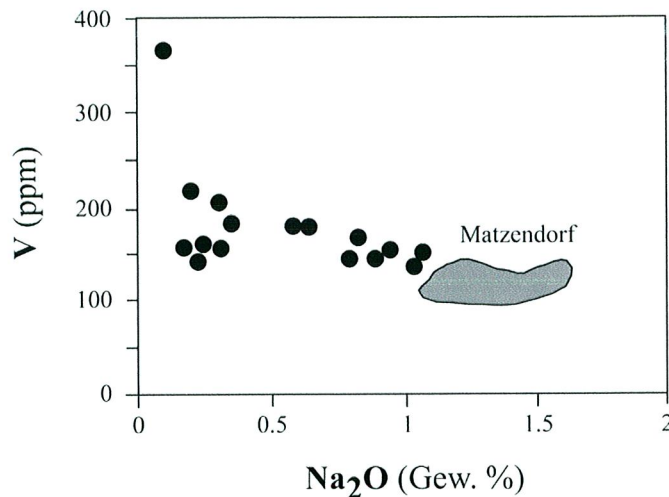
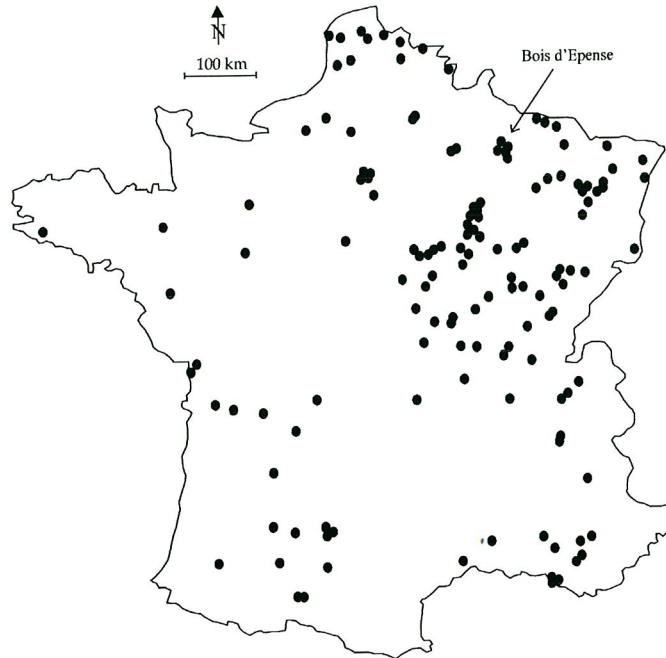


Abb. 13. Vanadium-Natriumoxid-Korrelationsdiagramm. Die 16 geschlammten Tone unterscheiden sich durch eine mehrheitlich höhere Vanadium- und eine niedrigere Natriumoxid-Konzentration von der Fayence-Referenzgruppe Matzendorf ($n = 26$).

Mittel der Matzendorfer Fayence verglichen worden. Mit drei Tonen kommt man sowohl für die 1805er als auch für die 1808er Mischung nahe an die Matzendorfer Fayence heran (Abb. 12). Die Na_2O - und V-Werte der aufbereiteten Tone sind aber deutlich niedriger als diejenige der Fayencen (Abb. 13). Es gelingt also nur annähernd, die Matzendorfer Fayence-Mischung rechnerisch zu reproduzieren. Dies ist wohl auf folgende drei Ursachen zurückzuführen: (1) Die analysierten Rohstoffe entstammen nicht den Abbaustellen des 19. Jh.; (2) die im Labor praktizierte Aufbereitung entspricht nicht derjenigen des 19. Jh. und (3) die zwei 1805er und 1808er Rezepte entsprechen nicht der effektiv eingesetzten Mischung. Welche Ursache oder welche Kombination der drei Ursachen ausschlaggebend ist, ist schwer zu beurteilen. Es ist aber gut möglich, dass im sorgsam gehüteten Arkanum nicht alles aufgeschrieben wurde, was man effektiv der Mischung zugab, denn schon damals gab es Industriespionage. Dass dies auch von der Direktion der Matzendorfer Manufaktur praktiziert wurde, zeigt folgender Eintrag zu einer detailliert aufgelisteten Pfeifenerdglasur: „Aus der Brieftasche eines Franzosen“ (Vogt 2000 S. 45). Die Methode, derer sich die Direktion bediente, um in den Besitz dieses Geheimnis zu gelangen, ist natürlich nicht vermerkt. Die höheren Na_2O -Werte der Fayencen könnten auf eine Zugabe von Salz (NaCl) zurückzuführen sein, um eine Sinterung bei niedriger Temperatur zu bewirken. Ein solcher technischer Trick musste nicht unbedingt ins Rezeptbuch, und Salz war in genügender Menge vorhanden, denn es wurde als Flussmittel für die Glasurherstellung gebraucht. Wie das Beispiel von Matzendorf zeigt, sind auch zeitgenössische schriftliche Quellen mit sehr detaillierten Angaben zur Herstellungstechnik kritisch zu hinterfragen.

Abb. 14. Die französischen Fayence-Manufakturen des 18. Jh., Umzeichnung aus Rosen (2001b).



13.4

Das Rot vom Bois d'Epense – ein Produkt der Retorte?

Die Manufaktur Le Bois d'Epense (Les Islettes) hatte in den Jahren 1735-1742 und 1764-1848 eine führende Stellung im Nordosten Frankreichs (Abb. 14). Sie beschäftigte zu ihren Glanzzeiten etwa 200 Arbeiter (Rosen 2001a). Das Spektrum der ergrabenen Ware ist breitgefächert und umfasst Biscuits, Fayencen, Steingut, braun-weißes Kochgeschirr und technische Keramik. Die Fayencen wurden sowohl mit Scharffeuer- als auch mit Muffel-Farben bemalt. Bei den ersteren handelt es sich um gefrittete und gepulverte Glasflüsse in den Farben blau, violett, schwarz, rot, gelb, braun, gelb, braungelb und grün. Blau und violett sind transparente, die restlichen opake Glasurfarben. Der Scherbenkörper ist kalkreich (16-25 Gew.% CaO, Mittel bei 20 Gew.% CaO; Maggetti et al. 2007). Viele der analysierten Biscuits registrierten Brenntemperaturen von $< 950\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Fayencen hingegen $950\text{--}1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, was sehr gut zu einem Zweikammerofen passt. Die Abwesenheit einer Reaktionszone zwischen dem porösen Scherben und der Zinnglasur zeigt, dass ein vorgebranntes, reaktionsarmes Biscuit mit der Zinnglasur-Suspension überzogen wurde (Abb. 15).

Für ein schönes Scharffeuer-Rot einer oxidativ gebrannten Keramik wird Hämatit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) allein oder als Mischung mit anderen Phasen eingesetzt. Hämatit ist im Ofen nicht sehr stabil, wie es schon Montamy (1765) notierte: „... toutes les couleurs rouges tirées du fer ou du vitriol sont extrêmement volatiles au feu...“. Rot fehlt daher sehr oft in der Scharffeuer-Palette vieler Fayence-Manufakturen Euro-

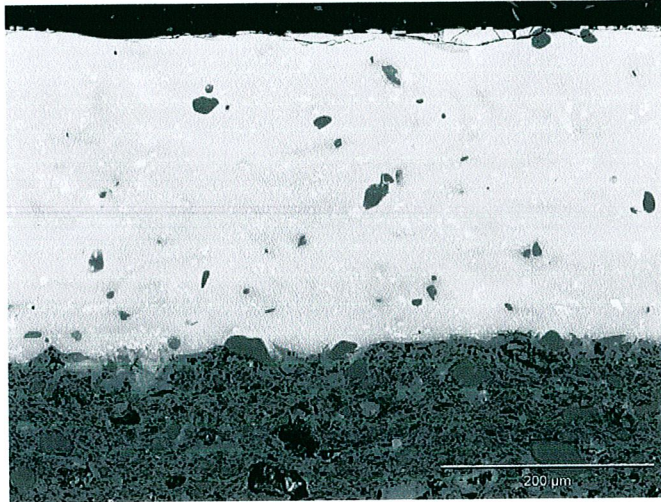


Abb. 15. Querschnitt durch eine typische Fayence der Manufaktur Le Bois d'Epense im elektronenmikroskopischen Bild. Unten der poröse Scherbenkörper, oben die durch Zinnoxid-Kristalle (weiß) getrübte Bleiglasur. Die Glasur enthält noch gerundete, nicht ganz aufgelöste Quarze und feine, nadelige SiO₂-Neukristallisate (beide schwarzgrau). Probe BEI 45.

pas. Brongniart (1844) gibt denn auch kein Rezept für ein Scharfffeuer-Rot. Um ein solches Rot zu erzeugen, wurde ein kalzinierter, eisenreicher Ocker verwendet, wie beispielsweise der armenische Bolus aus der Türkei (Tite 1989) oder der eisenreiche Sandstein von Thiviers aus Frankreich (Rosen et al. 2006). Bei der Kalzination werden die in den Ockern vorhandenen Goethite (FeOOH) in Hämatit umgewandelt. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung gemahlener Ziegelschrotes, wie dies Pottier (1986, S. 283) für die bei Rouen gelegene Manufaktur Poterat postuliert. Interessanterweise gibt der in Bois d'Epense angestellte Chemiker Gabriel Michel in seiner in den Jahren 1800-1820 niedergelegten Rezeptur-Sammlung detaillierte Angaben zu einem synthetischen Hämatit-Rot, wobei nicht klar angegeben ist, ob es sich um ein Rot fürs Scharfffeuer oder für den Muffelbrand handelt. Das Manuskript ist leider verschollen, doch wurden glücklicherweise einige Auszüge von Châtenet (o.J.) publiziert. Das Rezept zum Rot sei im Wortlaut wiedergegeben:

„ Vous prendrez la couperose verte, vous l'étendez pas trop épaisse sur des plats de biscuit pour la sécher au soleil ou à une chaleur douce, jusqu'à blancheur; puis, bien blanche, vous la pilez bien fin et la mettez entre deux plats de terre à feu et un troisième dessous, en cas qu'ils ne viennent à manquer. Vous les mettez à la charge du four à réverbère, le plus haut que vous pourrez, afin qu'il n'y ait pas tant de feu. Ensuite, vous le trempez dans de l'urine d'homme, sain, l'espace d'un mois dans la cave; puis vous décantez l'urine et ajoutez de l'eau fraîche pour laver jusqu'à ce que ça n'ait plus le goût d'urine; au moment qu'il sera bien reposé, vous verrez le rouge qui surnagera au-dessus de l'eau; vous prenez ensuite une cuillère de bois avec laquelle vous crèmerez le rouge qui surnagera et mettez-le dans un autre pot pour le

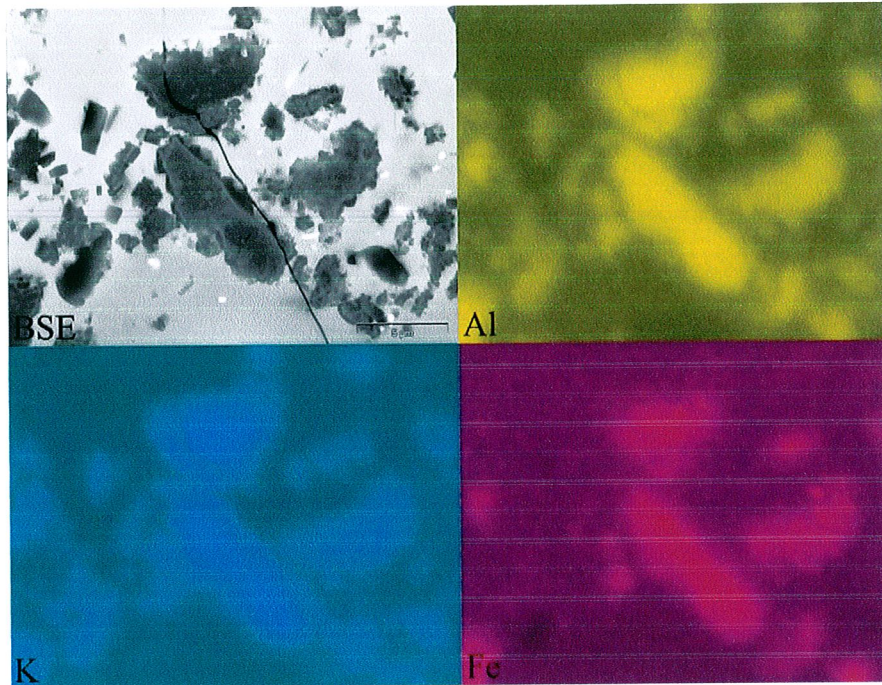


Abb. 16. Rasterelektronenmikroskopisches Bild der roten Scharffeuerfarbe der Probe BEI 49A aus der Fayence-Manufaktur Le Bois d'Epense (Oben links, BSE). Cassiterit = weiße Kristalle; Blei-Kalifeldspat (?) = rechteckige bis quadratische Kristalle; Rotpigment = graue, krümelige Aggregate mit unregelmäßigen Umrissen. Die drei anderen Bilder zeigen für denselben Ausschnitt die Gehalte an Aluminium (Al), Kalium (K) und Eisen (Fe). Je heller das Bild, desto höher sind die entsprechenden Gehalte.

conserver, et autant de fois que vous aurez changé d'eau, vous le crèmerez comme la première fois et le mettrez dans le pot, et vous le crèmerez tant qu'il y aura du rouge qui surnagera; quand il ne surnagera plus de rouge, vous décanterez l'eau et vous ferez sécher ce qui reste; il vous servira pour faire du brim. Pour le rouge fin, vous prenez cette crème que vous avez mise dans un pot, remuez tout ensemble et le laissez reposer. S'il ne repose pas tout, vous prenez une verge et fouettez ce qui ne veut pas tomber au fond, et quand il sera reposé vous le changerez d'eau, 10 à 12 fois. Plus vous le laissez dans l'eau, plus le rouge deviendra beau. Vous le chargez d'eau une fois si vous voulez le garder plusieurs années. Quand il sera lavé, comme il est dit ci-dessus, vous le faites sécher et prenez une once du dit pour 3 à 4 onces de fondant“.

Der Herstellungsvorgang ist sehr kompliziert und erinnert an alchemistische Rezepturen („urine d'homme, sain“) und man fragt sich, warum Michel die grüne „couperose“, d.h. das Eisenvitriol bzw. den Melanterit ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), nicht einfach erhitzt hat um das *caput mortuum*, ein rotes Malerpulver (= Hämatit), zu erhalten, wie es seit dem 11. Jh. bei der Herstellung der Schwefelsäure anfiel.

Wie steht es nun mit dem Rot der Fayence-Manufaktur von Le Bois d'Epense? Stimmt das Rezept von Michel, wurde wirklich nur reines, synthetisch hergestelltes Eisenoxid (Hämatit) verwendet? Das opake Rot ist in der Manufaktur von Le Bois d'Epense sehr selten. Unter dem Rasterelektronenmikroskop erweist es sich als ein Gemisch aus: (1) raren Cassiteriten; (2) seltenen großen, korrodierten Kalifeldspäten; (3) großen (bis 10 µm in der Länge) „krümeligen“ Aggregaten und (4) rechteckigen bis quadratischen, kleinsten (ca. 1-2 µm) Kristallen, teils aufgewachsen auf (3), teils separat in der Glasmasse (Abb. 16). Die quadratischen Phasen sind auf Grund ihrer Form und ihrer geometrischen Position als Neukristallite bzw. Reaktionsprodukte zwischen (3) und der Glasmasse zu interpretieren. Laut dem REM-EDS Spektrum könnte es sich um Blei-Kalifeldspäte handeln (Molera et al. 1993, Fortina et al. 2005). Das „krümelige“ Aggregat besteht aus einem Gemenge kleinster, unter dem Elektronenmikroskop schwer auflösbarer Kristallite. Laut chemischer Kartierung enthalten sie Silizium, Kalium, Eisen und Aluminium in verschiedensten Verhältnissen (Maggetti et al. 2007). Die Rotfärbung wird also vom Eisengehalt dieses komplexen Gemisches verursacht. Im Raman-Spektrum (unpublizierte Daten von F. Moncada) konnte kein Quarz nachgewiesen werden. Es kann sich also nicht um ein fein pulverisiertes Thiviers-Rot handeln, denn dieses enthält viel Quarz. Die chemische Zusammensetzung deutet hingegen auf einen tonhaltigen gelben oder roten Ocker, der oxidierend vorgebrannt und dann einem Flussmittel zugesetzt wurde. Derartige Ocker sind in Europa weitverbreitet, so beispielsweise die sog. *terra di Siena*, ein limonitischer (goethitischer) tonhaltiger Ocker der Umgebung von Siena oder die limonitisch-hämatitischen Ocker der Provence aus der Gegend von Les Beaux. Das Scharffeuer-Rot vom Bois d'Epense ist, wie das mikroskopische Bild zeigt, sehr komplex – aber es entspricht überhaupt nicht der Rezeptur des werkseigenen Chemikers Michel!

13.5 Fazit

Zu Beginn dieses Kapitels wurde die Frage gestellt, ob sich archäometrische Untersuchungen an solch jungem Material wie die Fayencen überhaupt lohnen, da doch auf eine Fülle von Informationen zur Herkunft und Herstellungstechnik zurückgegriffen werden kann, die in Publikationen und in Archiven zu finden sind. Die vier Beispiele haben gezeigt, dass das nicht zutrifft – im Gegenteil, es gibt noch viele Mythen und Wissenslücken zu grundsätzlichen Fragen des Herstellungsprozesses, der Produktionsstandorte und des Handels, die weder mit einem historischen, noch mit einem kunsthistorischen, sondern nur mit einem archäometrischen Ansatz gelöst werden können. Wenn man bedenkt, dass von den über 200 französischen Fayence-Manufakturen des 18. Jh. (Abb. 14) bisher nur eine einzige (Meillonnas, Rosen 2000) umfassend archäologisch, kunsthistorisch und archäometrisch untersucht worden ist – die Resultate der interdisziplinären Untersuchungen des Grabungsmaterials von Granges-le-Bourg und von Le Bois d'Epense werden bald in extenso publiziert – und dass nur von etwa fünf Manufakturen genügend chemische Analysen vorliegen, um erste Referenzgruppen zu bilden, und wenn man bedenkt, dass die Situation in anderen Ländern Europas ähnlich ist, so

Naturwissenschaftliche Methoden zur Rekonstruktion der Herstellungstechnik

Einleitung: Keramik, d.h. gebrannte Tonware, wird bekanntlich in folgenden Schritten erzeugt: (1) Rohstoff-Gewinnung; (2) Aufbereitung; (3) Formgebung; (4) Brand. Die Objekte können vor dem Brand verziert, dekoriert und ihre Oberfläche mittels Überzügen (Engoben, Glasuren) veredelt werden. Nach dem Brand sind weitere (Kalt)-Bemalungen und Oberflächenbehandlungen möglich. Die Kombination dreier Methoden, d.h. der Mikroskopie von Dünnschliffen mit der Röntgendiffraktometrie pulverisierter Scherbensubstanz und der Rasterelektronenmikroskopie kleiner, polierter und bedampfter Proben, ist in den meisten Fällen ausreichend, um einem alten Keramikobjekt Hinweise über die Art der Rohstoffe und die Methoden der Aufbereitung, der Gestaltung, der Oberflächenbehandlung und dem Brennprozess zu entlocken (Schneider et al. 1989, Maggetti 1982, 2007, Noll 1991).

Rohstoff-Typ und Aufbereitung: Die Mikroskopie liefert qualitative und quantitative Hinweise zur Natur der feinkörnigen Grundmasse (Matrix) und der nicht-plastischen Bestandteile (Magerung). So können die Rohstoffe anhand des Karbonatgehaltes (bei < 800 °C gebrannten Produkten) oder der Farbe (bei höher gebrannten) als karbonatische Mergel oder als nicht-karbonatische Tone identifiziert werden. Die Übergänge sind in der Natur natürlich fließend. Niedrig gebrannte Proben enthalten meist noch viele ursprüngliche Rohstoff-Bestandteile wie Quarz, Karbonate, Feldspäte und Tonminerale, die im Röntgendiffraktogramm zu erfassen sind. Ein plastischer Ton mit wenig Magerung lässt sich unter dem Mikroskop zudem sehr schnell von einem mageren, d.h. einem mit vielen nicht-plastischen Elementen, unterscheiden. Die qualitative und quantitative petrographische Analyse der Magerung liefert in grobkeramischen Produkten nicht nur Indizien für die Herkunft der Stücke (Maggetti 2005) – sie kann der chemischen Analyse sogar überlegen sein (Thierrin 1990) – sondern gibt auch Hinweise, ob die Magerung schon im Rohstoff vorhanden war oder ob sie künstlich zugefügt wurde (Kriterien bei Maggetti 1994). Quantitative Unterschiede im Magerungsgehalt sind nicht nur nützlich für die Differenzierung von Produkten mit identischer Magerungs-Art, aber verschiedener Herkunft, sondern auch zur Erfassung der Aufbereitungstechnik (Zugabe oder Eliminierung von nicht-plastischen Bestandteilen).

Formgebung: Bei einem Aufbau nach der Spiralwulst-Technik können die einzelnen Wülste im Dünnschliff erfasst werden. Röntgenographische Durchstrahlungsmethoden sind sehr geeignet, um den Aufbau komplexer Gefäße zu dokumentieren (Lang und Middleton 1997).

Brand: Für die Bestimmung der Brenntemperaturen werden ausgewählte physikalische Parameter der zu untersuchenden Keramik mit denjenigen kontrolliert gebrannter Rohstoffe verglichen. Letztere sollten chemisch und mineralogisch-

petrographisch dem ursprünglichen Rohstoff so gut wie möglich nahekommen. In der röntgendiffraktometrischen Analyse werden die reliktischen und die im Brand neu gebildeten Phasen aus der Brennserie mit den entsprechenden Phasen der Keramik verglichen. In der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung wird hingegen das Gefüge, d.h. die Entwicklung vom hochporösen, niedrig gebrannten zum stark gesinterten, hochgebrannten Material, analysiert. Weitere Methoden finden sich bei Heimann (1979). Die nasschemische Bestimmung des zweiwertigen Eisens ist sehr hilfreich zur Abschätzung der Ofenatmosphäre (Maggetti und Schwab 1982).

Dekore, Bemalungen und Überzüge: In diesem Bereiche hat sich das Rasterelektronenmikroskop als äußerst geeignet erwiesen, um die Fülle der verschiedenen Mal- und Überzugstechniken zu klären. Die Gefügeanalyse zeigt sehr schnell, ob es sich um eine Glasur oder um eine poröse oder gesinterte Engobe handelt und orientiert über die Kornform und -größe der Malpigmente. Mit dem Gerät können semi-quantitative bis quantitative chemische Analysen der kristallinen und glasigen Bestandteile ausgeführt werden. Beispielsweise setzen Kalium- und Natriumhaltige Glasuren unterschiedliche Rohstoffe voraus, während Chlor die Zugabe von Steinsalz dokumentiert.

kann erahnt werden, welch enorme Arbeit noch zu leisten ist. Man kann nicht alle Manufakturen Europas untersuchen, dafür fehlt Zeit und Geld. Die archäometrischen Kräfte sind deshalb zu bündeln, Schwerpunkte zu bilden und die internationale Zusammenarbeit ist zu intensivieren.

Dank

Mein Dank geht an Frau N. Bruegger für die Reinzeichnungen sowie an Dr. J. Rosen und Herrn R. Müller für die Zusendung der Abb. 9 resp. 11.

Literatur

- Bartel HG, Mucha HJ, Dolata J (2003) Über eine Modifikation eines graphentheoretisch basierten partitionierenden Verfahrens der Clusteranalyse. *Match Comm. Math. Comput. Chem.* 48:209-223
- Bastenaire-Daudenart F (1828) *L'art de fabriquer la faïence blanche recouverte d'un émail opaque*. Paris
- Baxter MJ (1994) *Exploratory multivariate analysis in Archaeology*. Edinburgh University Press, Edinburgh
- Baxter MJ (2003) *Statistics in Archaeology*. Arnold, London
- Beier T und Mommsen H (1994) Modified Mahalanobis filters for grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry* 36:287-306
- Berchtold D (1841) *Histoire du Canton de Fribourg*. Fribourg

- Blanc C (2007) Etude archéométrique. In : Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, 82-125
- Bourgarel G (2007) Fouilles archéologiques. In : Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, 68-157
- Brongniart A (1844) Traité des Arts Céramiques ou des Poteries considérées dans leur Histoire, leur Pratique et leur Théorie, 3 vol. et 1 atlas. Paris; 2è éd. revue, corrigée et augmentée de notes et d'additions par Alphonse Salvetat, 1854; 3è édition avec notes et additions par Alphonse Salvetat, 1877; Réédition de la 3è édition de 1877 par Dessain et Tolra, éd., Paris, 1977
- Caiger-Smith A (1973) Tin-Glaze Pottery in Europe and the Islamic World. Faber & Faber, London
- Châtenet H (o. J.) Chimie et céramique vers l'an 1800. Revue de l'Ingénieur: 36-39
- D'Anna A, Desbat A, Garcia D, Schmitt A, Verhaege F (2003) La céramique. La poterie du Néolithique aux Temps modernes. Collection „Archéologiques“, Editions errance, Paris
- Démians d'Archimbaud G und Picon M (1972) Les céramiques médiévales en France méditerranéenne. Recherches archéologiques et de laboratoire. In: (ohne Hsg) Colloques Internationaux CNRS, la céramique médiévale en Méditerranée occidentale, 15-42
- Diderot, d'Alembert (1751-1780) Kapitel „Fayancerie“ in der Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, Paris. Reprint 2002 des *Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leurs explication*. Art de la céramique, Inter-Livres, Tours
- Dufournier D (1989) Céramologie, technologie céramique. Actes du colloque de Lille, Travaux du Groupe de Recherches et d'Etudes sur la Céramique dans le Nord Pas-de-Calais, N° hors série de Nord-Ouest Archéologie
- Faÿ-Hallé A, Lahaussais C (2003) La faïence européenne au XVII^e siècle, le triomphe de Delft. Editions de la Réunion des musées nationaux, Paris
- Felchlin M (1971) Das Arkanum der Matzendorfer Keramiken. Jb für solothurnische Geschichte 44:5-55
- Fortina C, Santagostino Barbone A und Turbanti Memmi I (2005) Sienese „archaic majolica“: a technological study of ceramic bodies and coatings. *Archaeometry* 47:535-555
- Frei K (1962) Die Freiburger Fayencefabriken. Eingeleitet und kommentiert von Dr. Rudolf Schnyder. Mitteilungsblatt Keramikfreunde der Schweiz 57:18-21
- Heimann RB (1979) Archäothermometrie: Methoden der Brenntemperaturbestimmung von antiker Keramik. *Fridericiana*, 24:17-34
- Kuenlin F (1832) Dictionnaire géographique, statistique et historique du canton de Fribourg. Fribourg
- Lang J, Middleton A (1997) Radiography of cultural material. Butterworth-Heinemann, Oxford
- Maggetti M (1981) Composition of Roman pottery from Lousanna (Switzerland). *British Museum Occas Paper* 1:33-49
- Maggetti M (1982) Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin. In : Olin JS and Franklin AD (Hsg) : *Archaeological Ceramics*. Smithsonian Institution Press, 121-133
- Maggetti M (1986) Majolika aus Mexiko – ein archäometrisches Fallbeispiel. *Fortschr. Min.* 64:87-103
- Maggetti M (1994) Mineralogical and petrographical methods for the study of ancient pottery. In: F. Burrigato, O. Grubessi, L. Lazzarini (Hsg) 1st European Workshop on Ancient Ceramics, Università degli Studi La Sapienza, Roma, 23-35
- Maggetti M (2001) Chemical Analyses of Ancient Ceramics: What for ? *Chimia* 55:923-930
- Maggetti M (2005) The Alps – a barrier or a passage for ceramic trade? *Archaeometry* 47:389-401
- Maggetti M (2006) Archaeometry: Quo vadis ? In: Maggetti M and Messiga B (Hsg) : *Geomaterials in Cultural Heritage*. Geological Society of London, London, Spec Publ 257:1-8

- Maggetti M (2007)^a Naturwissenschaftliche Untersuchung antiker Keramik. In: Hauptmann A, Pingel V (Hsg) Archäometrie – eine interdisziplinäre Wissenschaft. Schweizerbart, Stuttgart, im Druck
- Maggetti M (2007) Technique de la faïence française (fin XVIII^e/début XIX^e siècle). In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, 14-31
- Maggetti M, Galetti G (2000) Naturwissenschaftliche Analyse der Fayence von Matzendorf. In: Verein "Freunde der Matzendorfer Keramik" (Hsg), 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf, 1798-1998. Matzendorf, 100-183
- Maggetti M, Schwab H (1982) Iron Age fine pottery from Châtillon-s-Glâne and the Heuneburg. *Archaeometry* 24:21-36
- Maggetti M, Rosen J, Neururer C (2007) Grand feu colours used in the manufacture Le Bois d'Epense/Les Islettes (North-eastern France, 18/19th century). In: Moreau JF (Hsg) 36th Internat Sympos Archaeometry, May 2nd- 6th, Quebec City. Université Laval, CELAT, Série archéol, coll. Archéométrie, im Druck
- Marchesi H, Thiriot J, Vallauri L (1997) Marseille, les ateliers de potiers du XIII^e s. et le quartier Sainte-Barbe (V^e-XVII^e s.). Editions de la Maison des Sciences de l'Homme. Paris
- Molera J, Pradell T, Martinez-Manent S, Vendrell-Saz M (1993) The growth of sanidine crystals in the lead glazes of Hispano-Moresque pottery. *Applied Clay Science* 7:483-491
- Mommsen H (1986) Archäometrie. Teubner Studienbücher, Teubner, Stuttgart
- Mommsen H, Kreuser A, Weber J (1988) A method for grouping pottery by chemical composition. *Archaeometry* 30:47-57
- Montamy D d'Arclay de (1765) Traité des couleurs pour la peinture en émail. Paris
- Mucha HJ, Bartel HG, Dolata J (2005) Techniques of Rearrangements in Binary Trees (Dendrograms) and Applications. *Match Commun. Math. Comput. Chem.* 54:561-582
- Munier P (1957) Technologie des faïences. Gauthier-Villars, Paris
- Noll W (1991) Alte Keramiken und ihre Pigmente. Studien zu Material und Technologie. Schweizerbart, Stuttgart
- Pellet C (1993) La faïencerie d'Arthé en Bourgogne auxerroise. Vézelay
- Picon M (1984) Le traitement des données d'analyse. *PACT* 10:379-399
- Picon M (1993) Analyse des faïences en laboratoire: objectifs et difficultés. Actes du Colloque "Les carreaux de faïence stannifère européens du XIX^e siècle". Bulletin du GRECB, 15
- Picon M, Démians d'Archimbaud G (1978), Les importations de céramiques italiennes en Provence médiévale: état des questions. In: (ohne Hsg) Colloques Internationaux CNRS, la céramique médiévale en Méditerranée occidentale, 125-135
- Picon M, Thiriot J, Vallauri L (1995) Techniques, évolutions et mutations. In: (ohne Hsg) Le vert et le brun. De Kairouan à Avignon, céramiques du X^e au XV^e siècle. Musées de Marseille, 41-50
- Pottier A (1986) Histoire de la faïence de Rouen. Caen
- Rosen J. (1990) Faïences de Nevers du XVII^e siècle : résultats des fouilles archéologiques. In: (ohne Hsg) Actes du III^e colloque national de céramologie (Paris 9 déc. 1989), Varia, Paris, 26-31
- Rosen J (1993) La faïence de Meillonnas (1760-1845). Musée de Brou, Bourg-en-Bresse, Paris
- Rosen J (1995) La faïence en France du XIV^e au XIX^e siècle. Histoire et Technique. Errance, Paris
- Rosen J (1997) Analyses de faïences en laboratoire (Fluorescence X), méthodologie, premiers résultats, et limites. Salon international de la céramique de collection et des arts du feu, Paris: 40-52
- Rosen J (2000) La manufacture de Meillonnas (Ain), étude d'une fabrique de céramique régionale 1760-1870. Editions mergoil, Montagnac
- Rosen J (2001a) Faïenceries françaises du Grand-Est. Editions du Comité des Travaux historiques et scientifiques, Paris

- Rosen J (2001b) Un siècle de productions grenobloises. In: Spillemaecker C (Hsg) Potiers et faïenciers en Dauphiné. Editions Glénat et Musée Dauphinois. Grenoble, 49-106
- Rosen J (2004) La faïence en France à l'époque de la Renaissance (1495-vers 1650). Bilan des connaissances et essai de synthèse. *Techné* 20:47-52
- Rosen J, del Carmen Marco de Lucas M, Moncada F, Morin A, Ben Amara A (2006) «Le rouge est mis»: analyse des rouges dans la faïence de «grand feu» du XVIIIe et du XIXe siècle (avec le rouge de Thiviers). *Archéosciences, Revue d'archéométrie*, 30:95-180
- Rosen J, Picon M, Maggetti M (2007) Revisiting the origin of some French faïence through chemical analysis. In: Moreau JF (Hsg) 36th International Symposium on Archaeometry, May 2nd-6th, Quebec City. Université Laval, CELAT, Série archéol, coll. Archéométrie, im Druck
- Schmitt A (1990) Moustiers et Varages: quelques problèmes de composition chimique. In: (ohne Hsg) Actes du Vè colloque national de céramologie, Paris 1 et 2 décembre 1990, Editions Varai, Paris, pp 30-32
- Schneider G, Burmester A, Goedicke C, Hennicke HW, Kleinmann B, Knoll H, Maggetti M, Rottländer R (1989) Naturwissenschaftliche Kriterien und Verfahren zur Beschreibung von Keramik. *Acta Praehist Archaeol*, 7-39
- Schnyder R (1990) Schweizer Biedermeier Fayencen. Schooren und Matzendorf. Sammlung Gubi Leemann. Galerie Jürg Stuker AG, Bern und Band III der Bernensia Reihe (Begr. Von Charles und Agnes Vögele), Bern
- Schnyder R (2007a). Historique de la recherche. In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, im Druck
- Schnyder R (2007b) Décors de grand feu de Fribourg. In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, im Druck
- Thierrin G (1990) Roman wine amphorae: production sites in Italy and imports to Switzerland. In: Pernicka E und Wagner GA (Hsg) *Archaeometry* 90, Birkhäuser Basel, 523-532
- Thornton D (1997) Maiolica Production in Renaissance Italy. In: Freestone I and Gaimster D (Hsg) *Pottery in the Making, World Ceramic Traditions*. British Museum Press, London, 116-121
- Tite MS (1989) Iznik pottery: an investigation of the methods of production. *Archaeometry* 31:115-132
- Tite MS, Freestone I, Mason R, Molera J, Vendrell-Saz M, Wood N (1998) Lead glazes in Antiquity – Methods of production and reasons for use. *Archaeometry* 40:241-260
- Torche-Julmy MT (2007a) Histoire des manufactures. In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, im Druck
- Torche-Julmy MT (2007b) Décors de grand feu de Vuadens et de réverbère de Fribourg. In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, im Druck
- Vallauri L, Broecker R, Salvaire MC (1978) Les productions de majoliques archaïques dans le Bas-Rhône et le Roussillon. In: *Colloques Internat CNRS, la céramique médiévale en Méditerranée occidentale*, 413-427
- Velde B, Druc IC (1999) *Archaeological Ceramic Materials*. Springer, Heidelberg
- Verein „Freunde der Matzendorfer Keramik“ (Hsg) (2000) 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf, 1798-1998. Matzendorf
- Vince V (1982) Faïences et poteries de Nantes et de sa région. Musées du château des ducs de Bretagne, Nantes
- Vitali V, Franklin UM (1986) New Approaches to the Characterization and Classification of Ceramics on the Basis of their Elemental Composition. *J Archaeol Sci* 13:161-170
- Vogt A (2000) Die Geschichte der keramischen Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf 1798-1998. In: Verein „Freunde der Matzendorfer Keramik“ (Hsg), 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf, 1798-1998. Matzendorf, 9-87
- Zwick P (2007) Héraldique. In: Maggetti M (Hsg) La faïence de Fribourg. Editions Faton, Dijon, im Druck