

Zeitschrift: Archäologie Bern : Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern = Archéologie bernoise : annuaire du Service archéologique du canton de Berne

Herausgeber: Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Band: - (2021)

Artikel: Frühe Fayence-Ofenkacheln im Kanton Bern : eine chemische, mikroskopische und röntgenografische Analyse des Scherbenkörpers

Autor: Maggetti, Marino / Serneels, Vincent

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-953404>

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: 09.12.2025

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

Frühe Fayence-Ofenkacheln im Kanton Bern

Eine chemische, mikroskopische und röntgenografische Analyse des Scherbenkörpers

MARINO MAGGETTI UND VINCENT SERNEELS

1

Frühe Fayence-Ofenkacheln in Europa und in der Schweiz

Die Technik zur Herstellung von Fayencen, das heisst Irdenwaren mit einer durch Zinnoxidkristalle getrübten, weissen opaken Glasur,¹ die bemalt oder nicht bemalt sein kann, entstand im 9. Jahrhundert im heutigen Irak. Mit der islamischen Expansion nach Westen gelangte sie im 12. Jahrhundert nach Spanien, dann Mitte des 13. Jahrhunderts nach Frankreich und Italien und erreichte die Länder nördlich der Alpen gegen Ende des 15. Jahrhunderts, wo sowohl Geschirr wie auch Ofenkacheln mit Fayenceglasuren überzogen wurden.² Ein Herausragendes Beispiel ist der 1501 datierte spätgotische Ofen in der sogenannten goldenen Stube der erzbischöflichen Veste Hohensalzburg im österreichischen Salzburg, der seit seiner Aufstellung nicht mehr von seinem ursprünglichen Standort entfernt wurde.³ Seine Nischenkacheln mit Heiligen, Wappen und Blüten sind mit leuchtenden Inglasurfärbungen (Blau, Braun, Gelb, Grün, Rot, Schwarz, Türkis) bemalt. Auch die neun Nischenkacheln von etwa 1490 bis 1510, vermutlich aus dem Halberstädter Domkapitelhaus (Sachsen), zeigen solch intensive Farben auf weissem Fayence-Untergrund.⁴

In der Schweiz stammen die frühesten, mehr oder weniger vollständigen Fayence-Öfen aus Schloss Holligen in Bern (datiert 1518), Spiez (1534), Greyerz (1536) und Worb (1543).⁵ In den letzten Jahren hat sich dank einer Vielzahl archäologischer Funde der Korpus schweizerischer spätmittelalterlicher bis frühneuzeitlicher Fayence-Ofenkacheln massgeblich erweitert.⁶ Zu den ältesten Zeugnissen des ausgehenden Mittelalters zählen Objekte aus Grabungen im ehemaligen Kloster Fraubrunnen und in den Städten Bern, Freiburg, Nidau und Zürich.⁷

2

Auswahl der Kacheln, Probenahme, Methodik und Zielsetzung

2.1

Auswahl der Ofenkacheln⁸

Es wurden insgesamt 21 Ofenkacheln analysiert (Abb. 1a–c und 2). Die Auswahl konzentrierte sich auf die frühesten zinnnglierten Ofenkacheln der Schweiz, um die Scherben, Engoben, Glasuren und die keramischen Farben des jeweiligen Objektes chemisch, mineralogisch und technologisch zu eruieren. Zur Untersuchung gelangten deshalb die gut datierten Fayence-Ofenkacheln der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts des Kantons Bern aus den Grabungen Fraubrunnen, Kloster (1973), Bern, Münsterplattform (1986) und Nidau, Rathaus (1993). Von allen dort gefundenen zinnnglierten Formen wurde mindestens eine Probe genommen (Ofe 40, 43–47, 52, 67–71, 73). Eine weitere stammt von einer Reliefkachel aus der Rathausgasse in Bern (Ofe 39).⁹ Zum Vergleich wurden zusätzlich zwei Kacheln probiert, die

1 Die Zinnoxidkristalle sind Cassiterite, chemisch SnO₂. Im Folgenden wird dieser Typ Glasur vereinfacht Zinnglasur genannt.

2 Zur frühen Geschichte s. beispielsweise Heimann/Maggetti 2014, Kap. 13, 279–308.

3 Franz 1969, 57–61.

4 Richter 2015.

5 Holligen: Roth 1999; Roth Heege 2001, 90–95; Roth Heege 2002. Spiez: von Orelli-Messerli 1999. Greyerz: Torche-Julmy 1979, 219, Kat. 1. Worb: von Orelli-Messerli 1999.

6 Roth Heege 2001, 2007, 2009, 2018.

7 Bern: Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994. Fraubrunnen: Schweizer 1990. Freiburg: Bourgarel 2007, 2013. Nidau: Boschetti-Maradi et al. 2004. Zürich: Frey 2016.

8 Wir danken Adriano Boschetti (Archäologischer Dienst des Kantons Bern, [ADB]) und Christophe von Werdt (Turmstiftung Schloss Holligen) für die Erlaubnis zur Beprobung. Die Probenahme erfolgte in Absprache und Zusammenarbeit mit Carole Schneider (ADB) in mehreren Etappen, wofür ihr sehr gedankt sei.

9 Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 2.



Abb. 1a–1c: Untersuchte Objekte. Weisse Rechtecke: Schnitte für die REM-Analysen. Für die Grössenangaben s. Abb. 2
Ofe 70a: Vorderseite;
Ofe 70b: Rückseite.

1a



1b



1c

eine traditionelle grüne oder gelbe Bleiglasur aufweisen (Ofe 53, 72). In die vorliegende Untersuchung wurden zudem fünf Kacheln des Ofens von 1518 aus Schloss Holligen (Ofe 41, 42, 76–78) einbezogen.¹⁰

2.2

Probennahme und Methodik

Für das Gesamtprojekt kamen zwei unterschiedliche Probennahmeverfahren zum Einsatz. Das erste wurde für die Analyse der Engoben, der

Glasuren und der Inglasurfarben mittels eines Rasterelektronenmikroskops (REM) angewendet. Dafür wurden in der Werkstatt des Departements für Geowissenschaften der Universität Freiburg i. Ue., Abteilung Geologie, mit einer transportablen, kleinen Diamantsäge kleinste Schnittproben aus der Bildseite entnommen.¹¹

10 Die Resultate der Engobe-, Glasur- und Farbanalysen an diesen und weiteren Holliger Ofenkacheln werden in einer kommenden Publikation vorgestellt.
11 Weisse Rechtecke in Abb. 1.

Untersuchte Ofenkacheln

An. Nr.	Datierung	Herkunft, Fundort, Jahr der Ausgrabung	Grösse (cm) H. = Höhe, L. = Länge
Ofe 39	Mitte 15. Jh.	Bern, Rathausgasse, 1992	24,0 × 24,0
Ofe 40	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	19,5 × 19,5
Ofe 41	1518	Schloss Holligen bei Bern	18,5 × 18,5
Ofe 42	1518	Schloss Holligen bei Bern	vorne: 18,5 × 18,5
Ofe 43	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	L. obere Kante: 6,0
Ofe 44	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	H. 7,0
Ofe 45	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	H. 10,2
Ofe 46	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	L. 8,6
Ofe 47	1443–1513? (1450–1475)	Nidau, Hauptgasse 32, Rathaus, 1993	H. 24,0
Ofe 52	1500–1550	Bern, Münsterplattform, 1986	L. untere Kante: 15,0
Ofe 53	1450–1500	Bern, Münsterplattform, 1986	H. linke Rille: 18,2
Ofe 67	1450–1500	Bern, Münsterplattform, 1986	H. linke Rille: 7,8
Ofe 68	1450–1500	Bern, Münsterplattform, 1986	H. 15,6
Ofe 69	Ende 15. Jh.	Bern, Münsterplattform, 1986	H. 6,5
Ofe 70	1450–1500	Bern, Münsterplattform, 1986	H. linke Rille: ca. 5,0
Ofe 71	1450–1500	Bern, Münsterplattform, 1986	H. 14,2
Ofe 72	1450–1500	Fraubrunnen, Schloss/Kloster 1973	18,4 × 18,4
Ofe 73	1450–1500?	Fraubrunnen, Schloss/Kloster 1973	L. obere Kante: 24,0
Ofe 76	1518	Schloss Holligen bei Bern	18,5 × 18,5
Ofe 77	1518	Schloss Holligen bei Bern	H. 18,5
Ofe 78	1518	Schloss Holligen bei Bern	H. 18,5

Abb. 2: Untersuchte Ofenkacheln. Datierung: in Klammern gemäss stilistischen Argumenten. Fnr. = Fundnummer, FZNr. = Fundzettelnnummer, Lnr. = Labornummer.

Es war im Einzelfall immer abzuwägen, inwieweit der Eingriff ohne allzu grosse Schadensfolge vorgenommen werden konnte, auch wenn dabei nicht alle wünschbaren Stellen beprobt werden konnten. Die Resultate der REM-Analysen der Glasuren, Engoben und Farben der Ofenkacheln aus den Grabungen werden anderswo publiziert.¹²

Im zweiten Verfahren wurden am genannten Departement vom Steg¹³ der ausgewählten Objekte mittels einer Diamantsäge Stücke von 10–35 g für die chemischen und röntgenografischen Untersuchungen abgetrennt.¹⁴ Bei den Nidauer Ofenkacheln Ofe 40, 45 und 46 unterblieb diese Probenahme – es hätte einen nicht vertretbaren substanziellen Eingriff in die Kacheln bedeutet –, womit insgesamt 18 Kacheln beprobt werden konnten. Von 13 Proben (Ofe 39, 43, 44, 46, 47, 53, 67, 68, 69, 71, 72, 77, 78) wurden dünne Scheibchen abgeschnitten und zu Dünnschliffen für die lichtmikroskopischen Untersuchungen weiterverarbeitet. Von den 18 Proben wurden hierauf mit derselben Säge einige Millimeter der äussersten, möglicherweise kontaminierten Scherbenbereiche abgeschliffen. Das restliche Probenmaterial wurde

in einer Wolframkarbidmühle gepulvert¹⁵ und diente zur Herstellung der Glaspille für die chemische Analyse mittels Röntgenfluoreszenz (RF)¹⁶ sowie der röntgenografischen Analyse mittels Diffraktometrie (RAD).¹⁷ Die einzelnen Schritte der Probenvorbereitung erfolgten nach der in Freiburg üblichen Laborpraxis.¹⁸ Der Anteil Magerung wurde am Polarisationsmikroskop anhand einer Tabelle¹⁹ geschätzt.

12 Maggetti 2020, 2021. Die REM-Resultate der Kacheln vom Schloss Holligen sind in Bearbeitung. Ofe 76 wurde aus konservatorischen Gründen nicht beprobt.

13 Terminologie der Ofenkeramik gemäss Roth Heege 2012.

14 Wir danken Patrick Dietsche für das Sägen und die Dünnschliffe.

15 Ausgeführt durch den Erstautor.

16 Wir danken Alexander Salzmann für die Herstellung der Glaspillen. Die Messungen erfolgten durch den Zweitautor, die Auswertung der chemischen Resultate durch den Erstautor.

17 Die Pulver der Kacheln vom Schloss Holligen wurden nicht geröntgt. Wir danken Alexander Salzmann für die RAD-Aufnahmen. Die Auswertung erfolgte durch den Erstautor.

18 Maggetti/Serneels 2016.

19 Riederer 1976.

Referenz

- Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 2, Abb. 2,3, Kat. 74. (Lnr. 2810, Fnr. 42760/01-03).
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Kat. 17, Abb. 19 (Lnr. 26975, Fnr. 46804).
 FP-Nr. 038.309.1997.01, Lnr. 26976. Analoge Kachel: Roth 1999, 28, Abb. 12,4; Roth Heege 2002, 483, Fig. 3,4.
 FP-Nr. 038.309.1997.01, Lnr. 26976. Analoge Kachel: Roth 1999, 28, Abb. 12,4; Roth Heege 2002, 483, Fig. 3,4.
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Kat. 20, Abb. 18 (Lnr. 27055, Fnr. 46804-3).
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Kat. 64, Abb. 18 (Lnr. 27056, Fnr. 46801-27).
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Abb. 19 (Lnr. 27057, FZNr. 39871-6, 3987-11).
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Abb. 19 (Lnr. 27058, FZNr. 46804-5).
 Boschetti-Maradi et al. 2004, Abb. 19 (Lnr. 27059, FZNr. 39887-4).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 2, Abb. 2,5, Kat. 257 (Lnr. 27557, Fnr. 7512/234).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Kat. 248 (Lnr. 27556, Fnr. 7512/171).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Kat. 248 (Lnr. 27573, Fnr. 7507-31).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 2, Abb. 2,4, Kat. 248 (Lnr. 27574, Fnr. 7508-101).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Kat. 256 (Lnr. 27575, Fnr. 7505-164).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Kat. 282 (Lnr. 27576; Ofe 70a: 7504-76, Ofe 70b: Fnr. 7504-72).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 1, Abb. 1,6, Kat. 340 (Lnr. 27578, Fnr. 7506-? = 7503-203).
 Roth Kaufmann et al. 1994, Taf. 2, Abb. 2,1, Kat. 325 (Lnr. 27579, Fnr. 43114-1).
 Roth Kaufmann et al. 1994, ähnlich zu Kat. 288 (Lnr. 27580, Fnr. 43119-1, kleines Fragment: 43119-2).
 FP-Nr. 038.309.1998.01, Lnr. 28151. Aegerten, Aussendepot. Analoge Kachel: Roth 1999, Abb. 10 rechts; Roth Heege 2002, Fig. 4 oben.
 FP-Nr. 038.309.1998.01, Lnr. 28152. Aegerten, Aussendepot. Analoge Kachel: Roth 1999, Abb. 9 rechts; Roth Heege 2002, Fig. 4 unten.
 FP-Nr. 038.309.1998.01, Lnr. 28153. Aegerten, Aussendepot. Analoge Kachel: Roth 1999, Abb. 10 links; Roth Heege 2002, Fig. 3 oben.

2.3

Zielsetzung

Im vorliegenden Beitrag geht es um die Zusammensetzung der Scherben, das heisst des keramischen Körpers, um naturwissenschaftliche Argumente zur Beantwortung folgender Fragen zu gewinnen: (1) Was sagen die mikroskopischen und röntgenografischen Analysen über die Herstellungstechnik aus? Wurde für die Herstellung der ersten Fayence-Ofenkacheln ein anderer Rohstoff als üblich verwendet oder mit unterschiedlichen Lehmen und Tonen experimentiert? (2) Unterscheiden sich die untersuchten Ofenkacheln chemisch und mikroskopisch voneinander? Wenn ja, sind sie unterschiedlichen Werkstätten derselben Ortschaft zuzuordnen oder wurden sie an verschiedenen Orten hergestellt? (3) Können sie chemisch und mikroskopisch von den bisher untersuchten schweizerischen Ofenkacheln differenziert werden?

3

Resultate

3.1

Makroskopische Beschreibung der untersuchten Ofenkacheln

Bei den Stadtberner Proben sind auf der gesägten Oberfläche viele weisse, kantengerundete bis eckige Körner sowie noch grössere, rundliche und dunkle Einschlüsse zu erkennen (Abb. 3a und b). Deren maximale Korngrösse pro Probe liegt, mit einer Ausnahme, zwischen 0,60 und 2,30 mm (Abb. 4). Die maximalen Korngrössen der Nidauer Proben erreichen hingegen nur 0,3 mm. Die Magerung der Ofenkacheln aus Fraubrunnen und Holligen gleicht derjenigen aus Bern, mit Ausnahme der sehr geringen maximalen Korngrösse von 0,28 mm für die Holliger Probe Ofe 77. Die Farben der Scherben sind, mit Ausnahme des beigen Ofe 73, mit unterschiedlichen Schattierungen ziegelrot.

3.2

Petrografische Zusammensetzung (Dünnschliffanalysen)²⁰

Die Aussage «Der Ton ist porös und mit feinem Kalk und Quarzsand gemagert.»²¹ kann dank den Schliffanalysen zu einem wesentlich diffe-

renzierteren Bild revidiert werden. Die nicht-plastischen Bestandteile (Magerung) bestehen grösstenteils aus Bruchstücken von Einzelmineralien (dominierend Quarz, dazu untergeordnet Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Epidot, Granat), seltener von silikatischen Gesteinen wie Granit, Gneis, Chert (Hornstein) und Sandstein (Abb. 4). Ihre Umrisse sind kantengerundet bis rundlich. Rundliche, dunkel gefärbte (eisenreiche) Tongallen sind häufig. Relikte ehemaliger Karbonatfragmente kommen nur in kalziumhaltigen Scherben vor, deren genaue petrografische Bestimmung (Kalkstein, Kalzit?) wegen der im keramischen Brand erfolgten Dissoziation der primären Karbonate nicht mehr möglich ist. Die Scherbenmatrix, das heisst die ursprüngliche Tonsubstanz, erscheint unter dem Polarisationsmikroskop von dunkler Färbung. Sie erweist sich bei gekreuzten Polarisatoren meist isotrop bis fast isotrop. Ihre Zusammensetzung ist vorwiegend silikatisch, mit zwei Ausnahmen: Ofe 53 (silikatisch-karbonatisch) und Ofe 73 (karbonatisch). Abgesehen von der fetten Scherbenmatrix in Ofe 53 und 68 sind die anderen insgesamt mager.

3.3

Röntgenografische Analyse

Mit diesem Analysenverfahren²² konnten folgende Phasenassoziationen nachgewiesen werden (Reihenfolge pro Assoziation mit abnehmenden Gehalten):

A (CaO-arm)

A1: Quarz + Plagioklas + Kalifeldspat + Illit (Reflexe 004, 002, 110) ± Hämatit: Ofe 47, 68.

A2: Quarz + Plagioklas + Kalifeldspat + Hämatit + Spinell + Illit (110): Ofe 44, 53.

A3: Quarz + Plagioklas + Kalifeldspat + Hämatit + Spinell: Ofe 39, 41, 42, 43, 52, 67, 69, 70, 71, 72.

B (CaO-reich)

B1: Quarz + Plagioklas + Diopsid: Ofe 73.

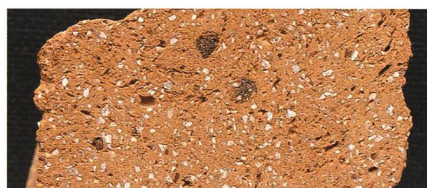
²⁰ Begriffe laut Maggetti 1994, 2008, 2009.

²¹ Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994, 25.

²² Zur Methodik s. Heimann 2016.



39



52



53



67



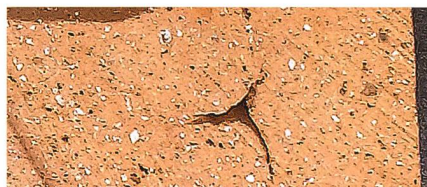
68



69



70



71



43



44



47

Abb. 3a: Scherbenquerschnitte, zusammen-
gefasst für die Proben aus Bern (Ofe 39, 52,
53, 67–71) und Nidau (Ofe 43, 44, 47).
Untere Kante des Querschnittes jeweils
2,5 cm breit.



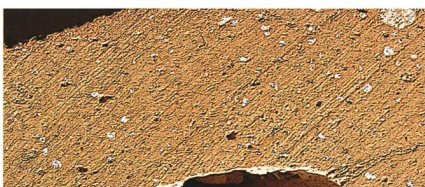
72



73



41



42



76



77



78

Abb. 3b: Scherbenquerschnitte, zusammen-
gefasst für die Proben aus Fraubrunnen
(Ofe 72, 73) und Holligen (Ofe 41, 42, 76–78).
Untere Kante des Querschnittes jeweils
2,5 cm breit.

Resultate der mikroskopischen Analysen

An. Nr.	Matrix	Einschlüsse					
		Anteil geschätzt (Vol. %)	Max. Korngrösse (mm)	Quarz	Kalifeldspat	Plagioklas	Biotit
Ofe 39	si, fast isotrop	15	0,83	x	x	x	
Ofe 40			0,28	–	–	–	–
Ofe 41			0,70	–	–		–
Ofe 42	si, fast isotrop	10	1,20	x	x	x	x
Ofe 43			0,26	–	–	–	–
Ofe 44	si-ka (?), fast isotrop	30	0,24	x	x	x	x
Ofe 45			0,22	–	–	–	–
Ofe 46	si, fast isotrop	30	0,21	x	x	x	x
Ofe 47	si, anisotrop	50	0,25	x	x	x	x
Ofe 52			1,10	–	–	–	–
Ofe 53	si-ka, anisotrop, fett	10	0,87	x	x	–	x
Ofe 67	si, fast isotrop	40	0,58	x	x	x	x
Ofe 68	si, anisotrop, fett	30	0,90	x	x	–	x
Ofe 69	si, isotrop	50	0,37	x	x	x	x
Ofe 70			2,34	–	–	–	–
Ofe 71	si, isotrop	45	1,05	x	x	x	–
Ofe 72			1,00	–	–	–	–
Ofe 73	ka, isotrop	25	1,16	x	x	x	–
Ofe 76			1,00	–	–	–	–
Ofe 77	si, anisotrop	30	0,28	x	x	x	x
Ofe 78	si, fast isotrop	10	1,00	x	x	x	x

Abb. 4: Resultate der mikroskopischen Analyse unter dem Polarisationsmikroskop, ergänzt mit Daten aus der makroskopischen Ansprache und der Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM). Kolonne «Matrix»: ka = karbonatisch, si = silikatisch, si-ka = silikatisch-karbonatisch. Die Angaben «anisotrop» und «isotrop» beziehen sich auf den Aspekt unter gekreuzten Polarisatoren des Mikroskops. Eine Matrix mit seltenen sowie kleinen nichtplastischen Einschlüssen wird als «fett» bezeichnet.

3.4

Chemische Zusammensetzung

Die RF-Messung der Nidauer Probe Ofe 43 ermittelte einen Kalziumoxyd(CaO)-Gehalt von 14 Gewichts-Prozent (Gew.%), ein Resultat, das sich signifikant von den 5,6 Gew.% derselben Probe mit der REM-EDS-Messung unterscheidet. Eine nochmalige Glaspillenherstellung und RF-Messung von Ofe 43 ergab keine Abweichungen. Nun stimmen bei den übrigen Proben die CaO-Resultate beider Messmethoden gut überein (Abb. 5). Aus diesem Grunde ist leider davon auszugehen, dass bedauerlicherweise die Probe Ofe 43 im RFA-Labor mit einer anderen verwechselt worden sein muss. Aus diesem Grunde wurde deren RF-Analysenresultat verworfen.

Die 17 verbleibenden Proben unterscheiden sich, generell gesehen, chemisch nicht wesentlich (Abb. 6). Sie sind vorwiegend kal-

zium (CaO)arm, mit nur zwei Proben über 5 Gew.% CaO (Ofe 44: 6,31 Gew.%, Ofe 73: 10,42 Gew.%).

Keramikmaterial, das in den Boden gelangt, kann während der zeitlich mehr oder weniger langen Bodenlagerung chemisch kontaminiert werden. Phosphor ist ein wichtiger Indikator für solche Prozesse. Die Phosphoroxyd(P₂O₅)-Gehalte der untersuchten Proben sind niedriger als die allgemein gültigen maximalen 0,5 Gew.% von Tonen,²³ woraus gefolgert werden kann, dass die Kacheln nicht durch Phosphor kontaminiert wurden. Aber die Blei(Pb)-Gehalte übersteigen bei allen Objekten die maximalen 40 ppm Pb von Ofenbaulehmen²⁴ sowie freiburgischer Tone.²⁵ Nun sind aber signifikant

²³ Collomb/Maggetti 1996, mit weiterführender Literatur.

²⁴ Maggetti/Galetti/Torche-Julmy 2014; Maggetti/Serneels 2016.

²⁵ Blanc 2007a.

Einschlüsse							
Epidot	Granat	Karbonat	Granit, Gneis	Aktino- lithfels	Sandstein	Chert	Fe-Knollen, Tongallen
–	–	x	x	–	–	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	x	x	–	x	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	x	–	–	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	x	–	–	x	x
x	–	–	–	–	x	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	x	x	–	–	–	–
–	x	x	x	–	–	x	x
–	–	–	x	x	–	–	–
x	–	–	x	–	–	–	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	x	x	–	–	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	x	x	–	–	x	x
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	x	x	–	x	x	x
–	–	x	x	–	x	x	x

hohe Blei-Gehalte des Scherbens für Fayencen normal²⁶ und widerspiegeln sekundär erfolgte Bleianreicherungen der Ofenkacheln, die unterschiedliche Ursachen haben können.²⁷

4

Diskussion

4.1

Zur Herstellung: Rohstoffe, Aufbereitung und Brand der Kacheln

4.1.1

Rohstoffe und Aufbereitung

Die Gefüge der Ofenkachelscherben sind homogen,²⁸ ohne schlierige Zusammensetzung, wie dies bei der Mischung zweier oder mehrerer Rohstoffe oder beim Einsatz eines inhomogenen Tones der Fall gewesen wäre. Die Scherbenmatrix ist mehrheitlich mager, mit nur zwei Münsterplattformproben Ofe 53 und Ofe 68, die eine fette Matrix aufweisen. Diese Beobachtungen und die überwiegend hiatale Verteilung²⁹

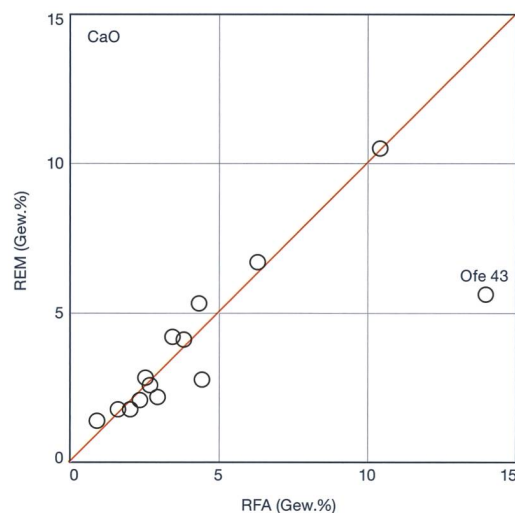


Abb. 5: CaO-Gehalte der Scherbenkörper gemäss Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA). Je näher sich die darstellenden Punkte der roten 1:1-Korrelationslinie nähern, desto besser stimmen die Resultate beider Methoden überein.

²⁶ Zusammenstellung s. Maggetti/Serneels 2016, 61.

²⁷ Diskussion bei Maggetti/Serneels 2016, 61.

²⁸ Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994, 25: «Die Homogenität des Materials besteht besonders im Vergleich mit Kacheln anderer Herstellungszentren.»

²⁹ Maggetti 1994, 28, Fig. 5.

Resultate der chemischen Analysen

Oxyd, Element	An.-Nr.											
	Ofe 39	Ofe 41	Ofe 42	Ofe 44	Ofe 47	Ofe 52	Ofe 53	Ofe 67	Ofe 68	Ofe 69	Ofe 70	Ofe 71
SiO ₂	66,61	65,15	64,95	66,78	74,35	71,07	66,31	68,36	68,64	71,53	69,55	70,38
TiO ₂	0,72	0,77	0,76	0,66	0,62	0,60	0,68	0,67	0,69	0,65	0,63	0,66
Al ₂ O ₃	16,96	17,60	17,53	14,88	13,75	14,43	16,23	14,99	15,90	14,06	14,08	14,20
Fe ₂ O ₃	6,46	6,93	6,89	5,62	4,99	4,94	5,92	5,47	6,06	5,29	5,29	5,33
MnO	0,14	0,16	0,15	0,11	0,06	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
MgO	2,43	2,62	2,61	1,78	1,49	1,78	2,10	1,91	2,07	1,84	1,93	1,89
CaO	1,64	2,00	1,94	6,31	0,93	2,58	4,37	3,87	2,69	2,35	4,43	3,49
Na ₂ O	1,61	1,47	1,46	1,01	1,20	1,74	1,46	1,55	1,22	1,47	1,41	1,42
K ₂ O	3,36	3,31	3,30	2,78	2,75	2,88	3,17	2,91	2,95	2,74	2,64	2,76
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,14	0,42	0,08	0,14	0,13	0,14	0,12	0,13	0,15	0,14
Ba	450	455	446	433	332	415	422	380	397	361	338	358
Cr	118	127	125	103	98	110	109	116	117	113	103	110
Cu	35	59	40	29	17	27	25	18	42	28	21	22
Nb	16	17	17	15	14	15	15	14	15	15	13	15
Ni	84	86	87	55	50	63	73	71	76	70	68	68
Pb	348	2307	1077	735	224	193	160	162	261	84	510	163
Rb	153	154	151	139	131	134	146	133	140	123	109	125
Sr	101	107	106	227	92	120	159	148	141	110	134	132
V	94	111	89	81	75	83	100	86	114	90	74	90
Y	37	41	41	29	28	29	33	35	34	32	35	33
Zn	100	114	113	92	84	75	87	81	94	78	76	80
Zr	148	145	144	186	208	176	151	173	158	179	163	190
Summe	100,24	100,52	99,98	100,57	100,34	100,40	100,63	100,12	100,61	100,31	100,38	100,54
GV	1,28	1,64	1,20	1,46	0,96	1,50	1,78	1,07	1,79	1,05	2,46	1,75

Abb. 6: Resultate der chemischen Analysen mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA). Oxyde, Summe und Glühverlust (GV) in Gew.%, Spurenelemente in ppm.

der Magerungskörner lassen den Schluss zu, dass die Hafner zu mindestens zwei Rohstoffen griffen. Diese hatten sie nur wenig oder überhaupt nicht geschlämmt oder vermischt, gaben aber dafür Magerung zu. Die rundlichen bis kantengerundeten Kornformen zeigen, dass es sich bei dieser Magerung nicht um mechanisch zerkleinerte Körner, sondern um einen quarzreichen Sand handelt. Aus der Zusammensetzung der Scherbenkörper können also Rückschlüsse auf die verwendeten Rohstoffe gezogen werden. Wie die chemischen Analysen zeigen, griffen die Hafner in den meisten Fällen zu kalzium(CaO)armen Lehmen oder Tonen. CaO-Armut ist ein charakteristisches Attribut nicht nur der hier untersuchten ältesten zinn-glasierten Ofenkacheln aus dem Kanton Bern, sondern auch der Ofenkacheln aus Burgen der Nordwestschweiz³⁰ und der Zuger Ofenkacheln der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts.³¹ Die bernischen Hafner wählten also für fast alle

Ofenkacheln einen traditionellen CaO-armen Rohstoff, überzogen aber viele Ofenkacheln mit einer neuartigen, innovativen CaO-reichen Engobe.³² Die bisher analysierten Freiburger³³, Steckborner³⁴ und Winterthurer³⁵ Fayencekacheln des 17. und 18. Jahrhunderts sind hingegen ausnahmslos kalziumreich, während in kleineren Hafnereien noch beide Typen vorzukommen scheinen.³⁶ Der Übergang von kalziumarmen zu -reichen Rohstoffen wird daher sehr wahrscheinlich im 17. Jahrhundert erfolgt sein,³⁷ was noch weiterer Untersuchungen bedarf.

30 Janke 1989; Janke/Galetti/Stern 1991.

31 Roth-Heege 2011, 2017, 2019; Thierrin-Michael 2011, 2016; Roth Heege/Thierrin-Michael 2016.

32 Maggetti 2020.

33 Blanc 2007a, b; Maggetti/Galetti/Torche-Julmy 2014; Maggetti et al. 2015; Maggetti/Serneels 2016.

34 Maggetti 2016.

35 Maggetti 2019.

36 Thierrin-Michael 2003.

37 Maggetti 2019, 2020.

		An.-Nr.		
Ofe 72	Ofe 73	Ofe 76	Ofe 77	Ofe 78
66,06	62,13	64,99	68,28	64,32
0,74	0,61	0,75	0,72	0,78
16,55	14,37	16,72	15,39	17,25
6,33	5,40	6,64	5,96	6,96
0,14	0,13	0,15	0,14	0,15
2,39	2,28	2,41	2,07	2,50
2,99	10,42	2,07	1,63	2,10
1,61	1,71	1,49	1,78	1,31
3,21	2,99	3,49	3,14	3,44
0,13	0,18	0,17	0,12	0,13
405	395	429	415	456
123	101	114	111	130
23	16	28	24	40
17	14	16	17	18
82	70	83	72	87
98	139	103	48	604
148	131	153	137	155
127	218	109	98	109
110	87	122	86	104
39	31	41	37	41
97	82	99	93	115
150	130	149	171	147
100,30	100,36	99,02	99,37	99,15
1,52	1,66	0,85	5,51	1,39

Wie ist nun die abweichende chemische Zusammensetzung der kalziumreichen Proben Ofe 44 und Ofe 73 zu interpretieren? Die Erstgenannte passt mit der geringen Korngrösse ihrer Magerungsbestandteile ausgezeichnet zu denjenigen der kalziumarmen Kacheln aus Nidau. Es ist daher anzunehmen, dass sie aus demselben Tonlager wie diese, aber aus einer leicht kalziumreicheren Schicht gefertigt worden ist. Trifft diese Erklärung auch für die Fraubrunner Probe Ofe 73 zu? Ihr CaO-Gehalt ist dermassen hoch, dass eine CaO-reiche Lage eines sonst CaO-armen Tons oder Lehms wohl ausgeschlossen werden kann. Er entspricht eher einem anderen Rohstoff, beispielsweise einem Mergel. Handelt es sich hier um den ersten erkennbaren Versuch von (Stadtberner) Hafnern, spezielle, für Fayenceglasuren vielleicht besser geeignete Rohstoffe anstelle der bisher für Ofenkeramik üblichen einzusetzen? Oder stammt die Kachel aus einer anderen, eventuell jüngeren Hafnerei?³⁸

4.1.2

Brenntemperaturen

Experimentelle, oxydativ geführte Brände kalkhaltiger Tone zeigen, dass die Scherbenmatrix im mikroskopischen Bild ab 800 °C isotrop rot und ab 1100 °C isotrop schwarz wird.³⁹ Karbonatkörner zersetzen sich ab 800 °C und sind bei 900 °C total dissoziiert. Laut der mikroskopischen Analyse sind die primären Karbonatkörner zerfallen und durch sekundäre Karbonatkristalle ersetzt. Für die untersuchten Ofenkacheln sind daher Garbrandtemperaturen von etwa 900 °C (Proben mit anisotroper Matrix: Ofe 47, 53, 68, 77) bis 1000 °C (Proben mit fast isotroper bis isotroper Matrix: restliche Proben) anzunehmen.⁴⁰ Die Glühverluste (GV in Abb. 6) bewegen sich zwischen 0,8 und 2,5 Gew. %, ohne ersichtliche Korrelation zu den geschätzten Glattbrandtemperaturen. Der höhere Glühverlust von 5,51 Gew. % der Probe Ofe 77 deutet hingegen auf niedrigere Brenntemperaturen als diejenigen der übrigen Ofenkacheln.

Die röntgenografischen Befunde stützen diese Aussagen. Quarz, Illit und Kalifeldspat stammen noch aus dem ursprünglichen Rohstoffgemisch und sind als primäre, reliktsche Kristalle anzusehen, während sich die Diopside, Hämatite, Plagioklase und Spinelle während der Schrüh- und Garbrände gebildet haben. Gestützt auf Experimentalbrände⁴¹ können aus dem Fehlen der im Rohstoff ursprünglich vorhandenen Tonminerale (sie zerfielen im Garbrand) und dem im Brand neugebildeten Plagioklas minimale Temperaturen von etwa 950 °C für den Garbrand der meisten Kacheln angenommen werden. Die Temperaturen werden kaum 1050 °C überschritten haben, denn sonst wären die Kacheln geschmolzen. Davon weichen die Garbrandtemperaturen von Ofe 47 und Ofe 68 sowie Ofe 44 und Ofe 53 ab, die aufgrund ihres Illit-Gehaltes zwischen 800 und 900 °C beziehungsweise knapp 950 °C erreicht haben dürften.

³⁸ Laut Abb. 2 ist die Datierung fraglich.

³⁹ Maggetti/Westley/Olin 1984.

⁴⁰ Dieses Ergebnis passt sehr gut zu den von Maggetti 2020 aufgrund des REM-BSE-Gefüges postulierten Schätzungen: 800–850 °C für Ofe 47, 53, 68 und 950–1050 °C für die restlichen Proben.

⁴¹ Maggetti 1982; Thierrin-Michael 2016, 98.

Die äusseren, Zentimeter breiten helleren Lagen der keramischen Körper zeugen von leicht höheren Temperaturen, die aber wegen ihres geringen Umfangs nicht speziell beprobt und analysiert werden konnten.

Diese Temperaturschätzung passt gut mit den postulierten Brenntemperaturintervallen für Ofenkacheln aus Freiburg⁴², Winterthur⁴³ und Zug⁴⁴ überein.

4.2

Eine chemisch homogene Gruppe?

4.2.1

Nur stadtbernerische Hafnereien mit Fayenceglasuren?

Hafner und Ofenbauer des 15. Jahrhunderts sind in Bern nachgewiesen,⁴⁵ doch fehlen solche Hinweise für Nidau.⁴⁶ Man kann sich fragen, ob die Nidauer und Fraubrunner Ofenkacheln in einer heimischen Hafnerei hergestellt wurden oder in einer stadtbernerischen, auch wenn der Stadtberner Hafner Vinzenz Tüdingen 1445 als Ofenbauer für das Rathaus Nidau erwähnt ist.⁴⁷ Für Nidau und Fraubrunnen kämen vielleicht auch die mittelgrossen Städte Biel und Burgdorf als Produktionsorte infrage, wo es im 15. Jahrhundert Hafnereien gab.⁴⁸ Für die Kacheln des Schlosses Holligen stellt sich diese Frage nicht in gleichem Masse, da sie mit grösster Wahrscheinlichkeit einer stadtbernerischen Werkstatt entstammen dürften.

Chemische Keramikanalysen können herangezogen werden, um Zuweisungen keramischer Objekte zu einzelnen Werkstätten vorzunehmen. Doch dies führt erst dann zu zweifelsfreien Aussagen, wenn auch Vergleichsdaten gesicherter Erzeugnisse⁴⁹ der infrage kommenden Hafnereien oder Manufakturen⁵⁰ vorliegen. Derartige Basisanalysen fehlen aber für die vorliegende Untersuchung. Trotz allem soll hier der Versuch unternommen werden, mit einer vorsichtigen Interpretation der Resultate zu neuen Einsichten zu gelangen.

Von den analysierten 22 Oxyden und Elementen scheinen einige mehr oder weniger stark korreliert zu sein (Abb. 7). Diese Korrelationen haben ihre Ursachen in der geochemischen Signatur der Rohstoffe, die im vorliegenden Fall eine vergleichbare geologische Geschichte beziehungsweise Herkunft haben.

Siliziumoxyd (SiO_2) ist mit dem chemischen Element Zirkonium (Zr) positiv korreliert (Abb. 7a), was sich leicht erklären lässt, insofern als das Schwermineral Zirkon (ZrSiO_4) sich in der im Falle der untersuchten Kacheln quarzreichen Sandfraktion anreichert. Da Quarz nur aus Siliziumdioxid (SiO_2) besteht und dieses Mineral in den analysierten Proben das häufigste Magerungskorn bildet, erstaunt es nicht, dass ein hoher Magerungsgehalt mit einem hohen SiO_2 -Wert gekoppelt ist, wie dies die Nidauer Probe Ofe 47 exemplarisch vorführt. Das Element Strontium (Sr) kann das Kalzium (Ca) im Kalzit (CaCO_3)-Gitter ersetzen, was sich in einer positiven Korrelation äussert (Abb. 7b). Wie man sieht, liegt Ofe 44 näher der Verlängerung der gedachten Korrelationsgeraden als Ofe 73. Dies kann als Hinweis genommen werden, dass Ofe 44 aus einem geologisch ähnlichen Rohstoff wie die übrigen stammt, während Ofe 73, dessen Lage deutlicher differiert, einem anderen Rohstofftyp entstammen dürfte. Rubidium (Rb) und Barium (Ba) können das Kalium (K) in den Kristallgittern des Kalifeldspates und gewisser K-haltiger Tonmineralien, wie die Illite, ersetzen, wodurch zwei weitere Korrelationen ihre Erklärung finden (Abb. 7c und d). Chrom (Cr) und Magnesiumoxyd (MgO) korrelieren positiv mit Nickel (Ni), was sowohl auf einen charakteristischen Anteil des Schwerminerals Chromit hinweist als auch einen gewissen Anteil von Mantelmaterial (Ophiolith) im MgO -Gehalt dokumentiert (Abb. 7e und f). In tongrundiger Keramik stammt das Aluminium (Al), hier als Aluminiumoxyd (Al_2O_3) ausgewiesen, vorwiegend von den Tonmineralien und mengenmässig nur untergeordnet von den nichtplastischen Feldspäten. Die deutlichen Korrelationen des Titanoxids (TiO_2), des K_2O und des Eisenoxids (Fe_2O_3) mit dem Al_2O_3

42 Maggetti/Galetti/Torche-Julmy 2014; Maggetti et al. 2015; Maggetti/Serneels 2016.

43 Maggetti 2019.

44 Thierrin-Michael 2016.

45 Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994, 54–56.

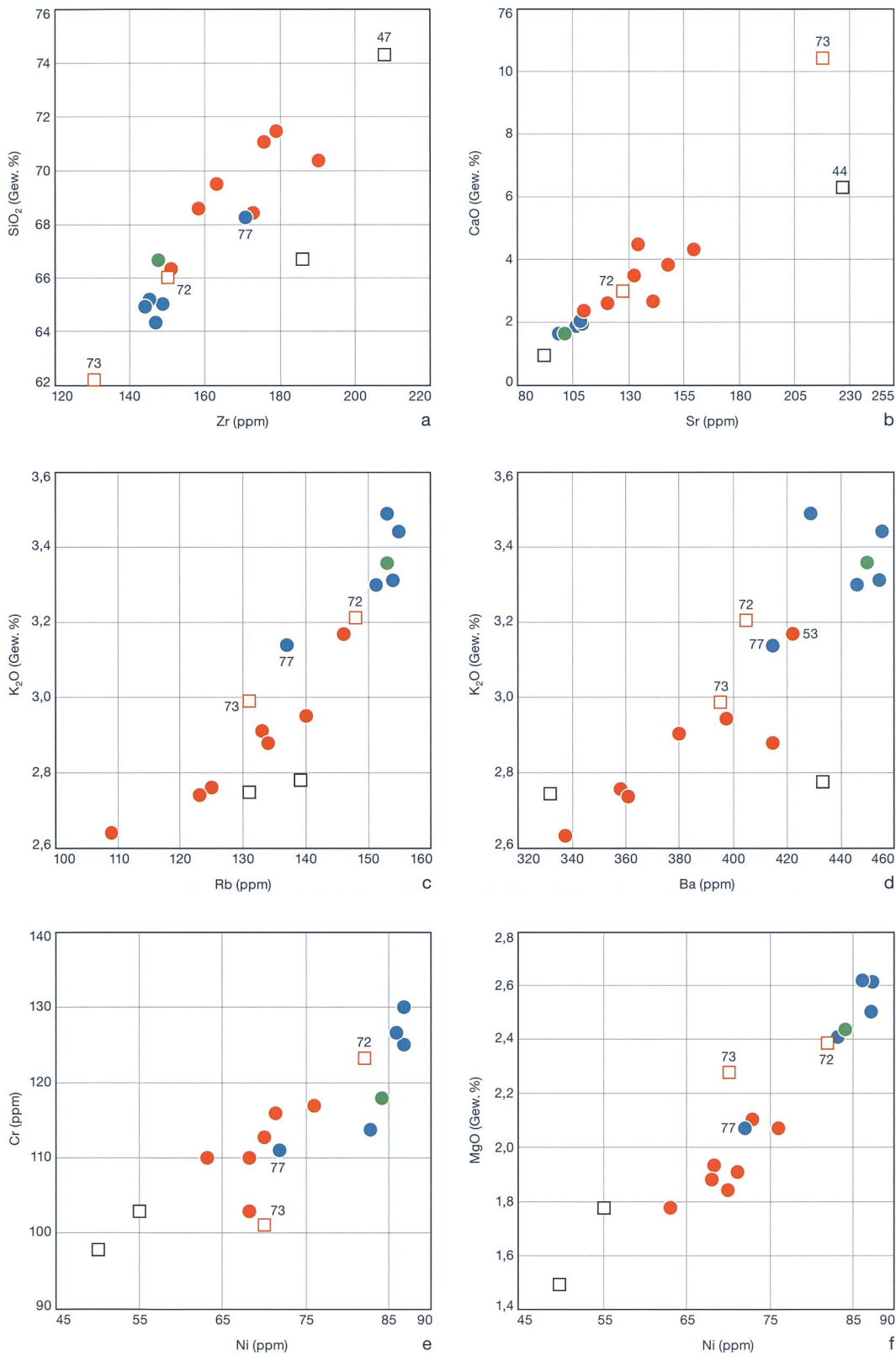
46 Boschetti-Maradi et al. 2004.

47 Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994, 51 und 54–55.

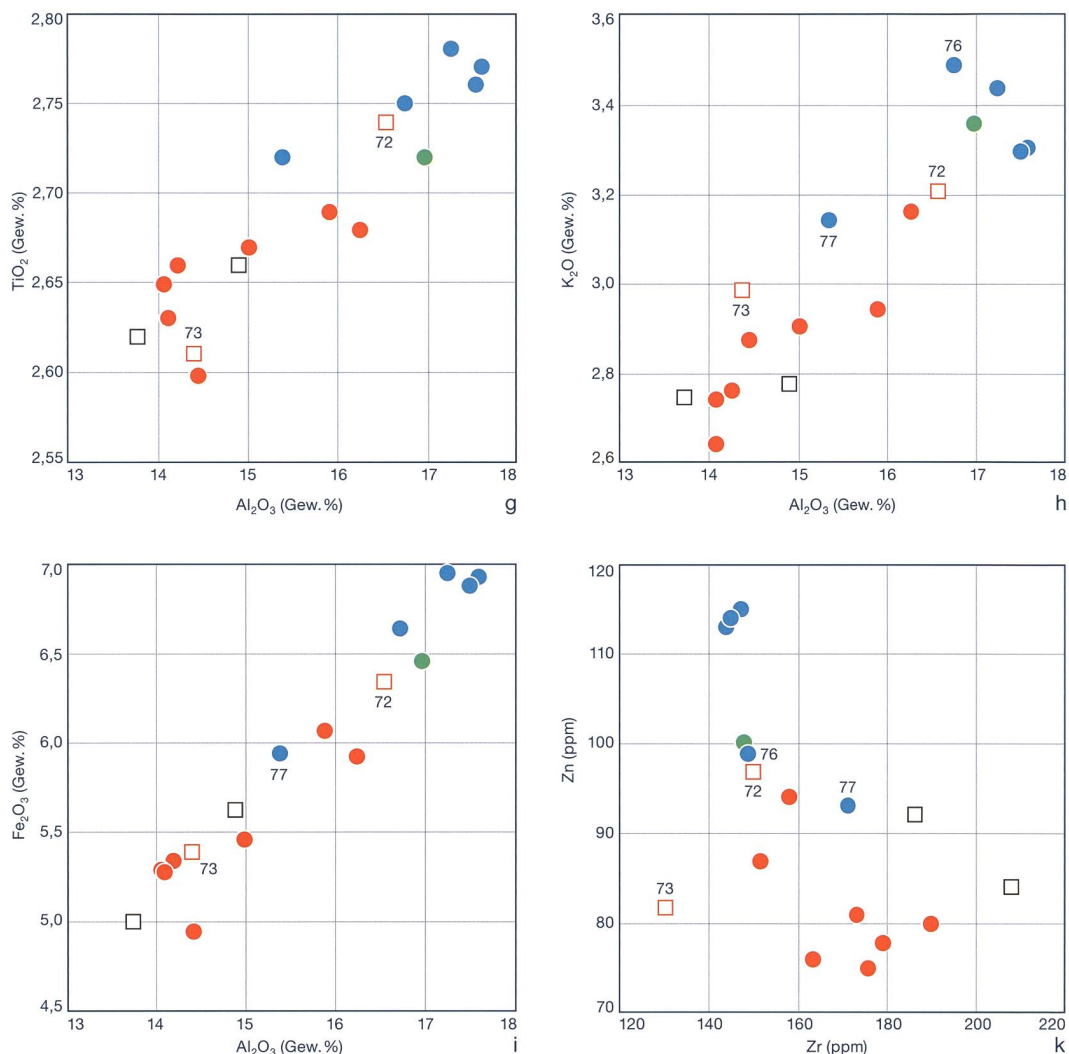
48 Wir danken Adriano Boschetti-Maradi für diesen Hinweis.

49 Fehlbrände, Töpfereiabfälle, signierte Objekte.

50 Archäologische Grabungen, historische und kunsthistorische Argumente.



(Forts. Abb. 7)



(Abb. 7g, h und i) sind demnach weitere Indizien für vergleichbare Tonmineralien im Rohstoff der untersuchten Objekte. Im Zink(Zn)-Zr-Diagramm sind keine Korrelationen zu sehen. Man erkennt aber unschwer, dass sich die Stadtberner Ofenkachelproben und diejenigen aus Schloss Holligen an unterschiedlichen Stellen gruppieren (Abb. 7k).

Betrachtet man nun die einzelnen Fundorte, so wird schnell klar, dass die Ofenkacheln in den Diagrammen, je nach Provenienz, bestimmte Abschnitte belegen.

Die Zusammensetzung der Kacheln von der Münsterplattformgrabung in Bern zeigt eine starke Streuung. Dies ist nicht sehr erstaunlich, denn es handelt sich um Fragmente, die gemäss den archivalischen Dokumenten von Öfen aus der ganzen Stadt und daher mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht nur aus einer, sondern aus

verschiedenen stadtbernerischen Hafnereien stammen. Die Streuung widerspiegelt demnach die chemischen Unterschiede der verwendeten Rohstoffe. Zwar waren keine Töpfereiabfälle im untersuchten Material, doch können diese sieben Analysen durchaus den Kern einer neuen chemischen Referenzgruppe «Stadtbernerische Ofenkacheln des 15/16. Jh.» bilden.

Vier der fünf Proben des Kachelofens von Schloss Holligen sind in den Diagrammen meist eng geschart. Dies erstaunt ebenfalls nicht, da angenommen werden kann, dass die meisten, wenn nicht alle Kacheln eines einzelnen Ofens aus derselben aufbereiteten Rohstoffmasse gefertigt sein dürften. Die Probe Ofen 77 ist wohl ein Ausreisser, denn ihr darstellender Punkt liegt in den Korrelationsdiagrammen oft ausserhalb der Gruppe von Schloss Holligen. Sie wird daher einer verschiedenen Rohstoffmasse

derselben Werkstatt entsprechen. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass diese Kachel den höchsten Glühverlust von allen besitzt (Abb. 6). In den Korrelationsdiagrammen kommt der darstellende Punkt dieser Kachel nun meistens in die oder sehr nahe der Punktwolke der obig definierten «stadtbernischen» Gruppe zu liegen. Ofen 77 kann daher in diese Gruppe integriert werden. Die vier anderen Kacheln aus Holligen unterscheiden sich von den bisher besprochenen durch niedrigere CaO -, SiO_2 - und Sr - und höhere Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -, K_2O -, MgO -, TiO_2 -, Ba -, Ni -, Rb - und Zn -Werte (Abb. 7). Sie stammen sichtlich aus einem anderen Rohstoff, der möglicherweise in derselben Werkstatt zum Einsatz gekommen ist. Dass dies eine stadtbernisches und keine fremde Hafnerei sein muss, belegt die Kachel Ofen 69 von der Berner Rathausgasse, deren lokale Herkunft bisher nicht bezweifelt wurde. Ihr darstellender Punkt fügt sich nämlich in den Korrelationsdiagrammen ausgezeichnet in die Gruppe der vier Kacheln aus Holligen, womit sich die Stadtberner Gruppe um sie und die vier Kacheln aus Holligen vergrössert.

Die Fraubrunner Probe Ofen 72 gesellt sich in den Diagrammen zu den Objekten der Gruppe «Rathaus Bern und Schloss Holligen». Sie kann demnach auch als stadtbernisches Produkt klassiert werden. Die singuläre, kalziumreiche Zusammensetzung der Fraubrunner Ofenkachel Ofen 73, verbunden mit den zu erwartenden niedrigen SiO_2 - und Zr -Gehalten, wurde schon besprochen. In den übrigen Diagrammen ist sie sonst nie weit von der stadtbernischen Punktwolke entfernt, sodass auch für sie kein Argument gegen eine Abstammung aus einer stadtbernisches Hafnerei ins Feld geführt werden kann. Es könnte sich also um einen ersten Versuch der Stadtberner Hafner handeln, CaO -reiche Rohstoffe zu verwenden. Auf der anderen Seite ist die Kachel nicht mit der neuen CaO -reichen Engobe, sondern mit der traditionellen CaO -armen überzogen, was eher dafür spricht, dass es sich hier um eine zufällige Wahl eines Mergels handelt.

Die darstellenden Punkte beider Nidauer Kacheln Ofen 44 und Ofen 47 liegen in mehreren Diagrammen zwar nicht sehr weit entfernt, doch ausserhalb der Stadtberner Ofenkacheln (Abb. 7a, b, e, f und k). Dies allein würde nicht genügen, um zweifelsfrei für eine lokale

Hafnerei zu sprechen, wären da nicht drei zusätzliche Merkmale, die sie von den stadtbernisches Ofenkacheln unterscheiden: (1) Eine markant geringere Korngrösse der Magerung im Scherbenkörper, (2) eine differierende chemische Zusammensetzung der Engobe vom Typ I⁵¹ und (3) ein niedrigerer Zinngehalt der Zinnglasur.⁵² Diese Abweichungen deuten auf andere Rohstoffe und Rezepturen. Sie sind einzeln betrachtet kein stichhaltiges Argument, um eine stadtbernisches Herkunft der Nidauer Kacheln auszuschliessen, denn eine Werkstatt kann im Laufe der Zeit durchaus unterschiedlich zusammengesetzte Rohstoffe und verschiedene Rezepturen verwendet haben. Auf der anderen Seite gleichen die Kacheln aus Fraubrunnen und Holligen in ihrem Gefüge und dem Zinngehalt der Zinnglasur so stark der Stadtberner Gruppe, dass, im Falle der Nidauer Kacheln, die Kombination von den genannten drei Abweichungen mit der chemischen eher dafür spricht, dass beide in einer Nidauer oder Bieler Werkstatt produziert worden sind⁵³.

4.2.2

Eine neue Referenzgruppe

In diesem Abschnitt geht es um die Frage, inwieweit die chemische Zusammensetzung der bernischen Ofenkacheln gesamtschweizerisch singulär ist.⁵⁴ Ein Vergleich mit den bisher analysierten schweizerischen Ofenkacheln des 17. bis 18. Jahrhunderts erübrigt sich, da diese mit wenigen Ausnahmen kalzium(CaO)reich sind.⁵⁵ Kalzium(CaO)arme Zusammensetzungen sind aber typisch für die zinnglasierten Kacheln aus der Zuger Hafnerei Altstadt 3 des letzten Viertels des 16. Jahrhunderts.⁵⁶ Die 17 Berner Kacheln unterscheiden sich chemisch deutlich von den

51 Maggetti 2020: geringere Quarzgehalte in den Engoben vom Typ I der Nidauer Proben. Dementsprechend sind sie siliziumoxydärmer als die Engoben der stadtbernisches Kacheln (SiO_2 : 69–76 Gew.%, gegenüber 80–86 Gew.%).

52 Maggetti 2020, SnO_2 : 6–9 Gew.% für Nidau gegenüber 10–17 Gew.% für Bern.

53 Eine endgültige Klärung können nur Analysen von Manufakturabfällen der Nidauer Hafnereien bringen.

54 Für dieses Vorhaben wurden die stadtbernisches und die Nidauer Analysen zur Gruppe «kantonalbernisches Ofenkacheln» zusammengefasst.

55 Thierrin-Michael 2003; Blanc 2007a,b; Maggetti/Galletti/Torche-Julmy 2014; Maggetti et al. 2015; Maggetti/Serneels 2016; Maggetti 2016, 2019.

56 Thierrin-Michael 2011, 2016.

Abb. 8: Vergleich der 17 kantonalbernischen Ofenkacheln mit denjenigen der Zuger kalziumarmen Referenzgruppe «Hafnerei Oberaltstadt 3/4» (letztes Viertel des 16. Jh., 21 Proben: Zug 1–6, 8–22; Thierrin-Michael 2016).

● Kanton Bern
■ Zug, Oberaltstadt 3/4

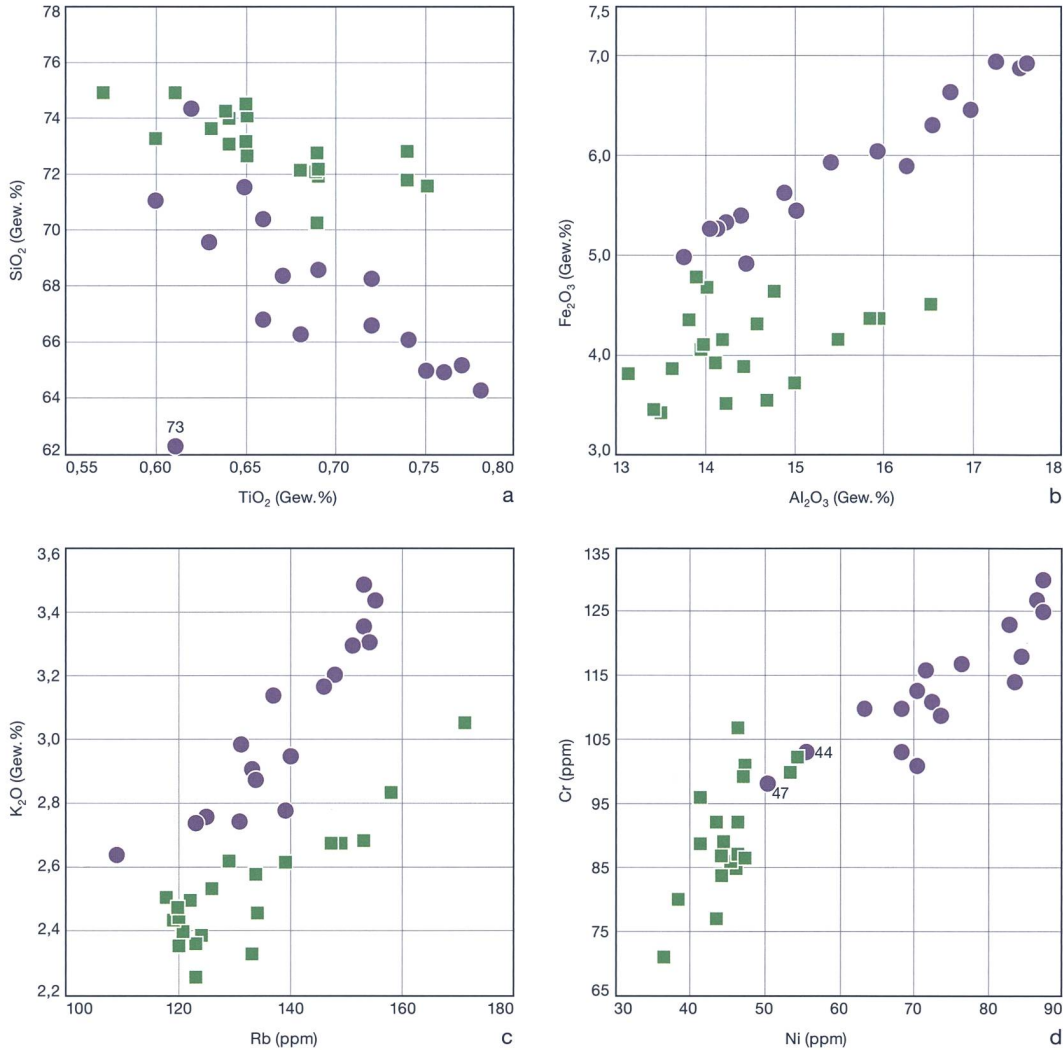
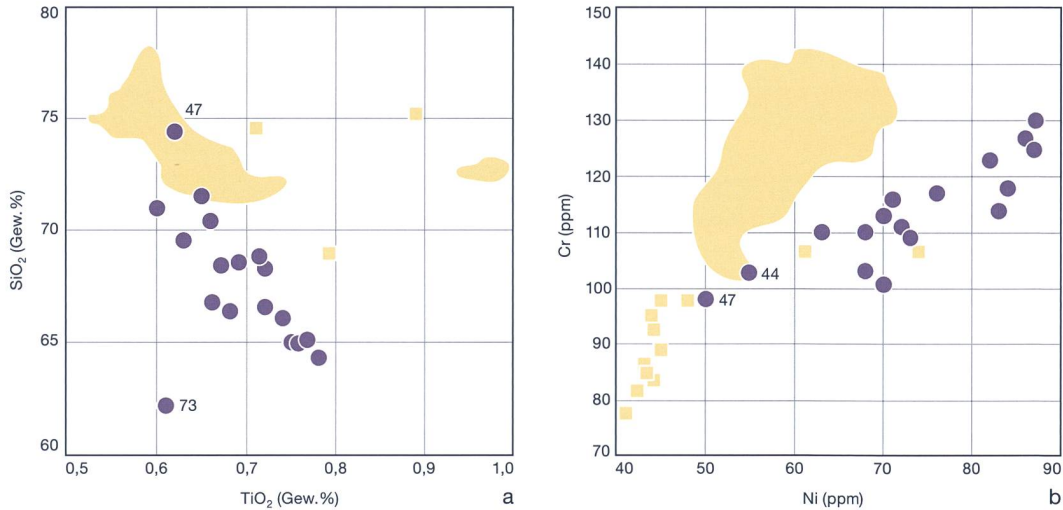


Abb. 9: Vergleich der 17 kantonalbernischen Ofenkacheln mit den kalziumarmen Ofenkachelfragmenten von Burgen des 11.–14. Jahrhunderts der nordwestlichen Schweiz (100 Proben; Janke 1989; Janke/Galetti/Stern 1991). Gelbe Flächen enthalten nichtauflösbare Gruppierungen der gelben Quadrate.

● Kanton Bern
■ Jura



21 Kacheln der Zuger Referenzgruppe. Sie sind beispielsweise siliziumärmer (Abb. 8a), aber reicher an Eisen (Abb. 8b), Kalium (Abb. 8c) sowie Chrom und Nickel (Abb. 8d). Wie man sieht, können die Nidauer Analysen in einzelnen Diagrammen durchaus im Zuger Feld liegen. Im Gegensatz zu den Berner Proben sind die chemischen Paare der Zuger Kacheln aber gar nicht oder anders korreliert.

Eine weitere Vergleichsmöglichkeit ist mit den 100 kalzium(CaO)armen Kacheln des 11. bis 14. Jahrhunderts aus Burgen der Nordwestschweiz gegeben.⁵⁷ Es zeigt sich auch in diesem Fall sehr deutlich, wie sich die Berner Gruppe beispielsweise durch ihre niedrigeren SiO₂- (Abb. 9a) und höheren Nickel-Werte (Abb. 9b) von den Kacheln aus den jurassischen Burgen abheben. Auch in diesen Diagrammen liegen die Nidauer Kacheln nahe oder in der jurassischen Punktwolke.

Die Stadtberner Ofenkacheln bilden daher eine neue Referenzgruppe.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie konnte die historisch und kunsthistorisch untermauerte Vermutung, dass die Kacheln aus dem Kloster Fraubrunnen wie auch diejenigen des ins Jahr 1518 datierten Ofens von Schloss Holligen von Hafnern der Stadt Bern gefertigt wurden, auch naturwissenschaftlich bestätigt werden. Im Falle der Nidauer Kacheln sprechen gewichtige Indizien für deren lokale Herstellung. Die untersuchten 17 Kacheln aus dem Kanton Bern bilden, schweizweit gesehen, eine chemisch eigenständige Gruppe, da sie sich deutlich von den bisher analysierten kalziumarmen Kacheln aus jurassischen Burgen und der Manufaktur der Stadt Zug unterscheiden. Damit ist ein weiterer Schritt gemacht, um Zuweisungen auch mit naturwissenschaftlichen Kriterien überprüfen zu können.

In den Hafnereien waren mehrheitlich kalziumarme und magere, seltener fette Tone in Gebrauch mit unterschiedlichen Mengen von quarzreichen Sanden als zugegebene Magerung. Offensichtlich wurden in den Werkstätten unterschiedliche Rohstoffe und Rezepte verwendet. Eine Mischung mehrerer Tone oder eine Schlammung der Rohstoffe war nicht nachzuweisen. Die Temperaturen des Garbrandes la-

gen mehrheitlich zwischen 950 und 1050°C, was von einer guten Brandführung zeugt. Kombiniert man diese Resultate mit denjenigen der REM-Analysen, ergibt sich ein eindrückliches Bild des technologischen Know-how der bernischen Hafner an der Wende des 15. zum 16. Jahrhundert.⁵⁸

Résumé

Basée sur des documents historiques et des critères d'histoire de l'art, l'hypothèse d'une fabrication en ville de Berne des carreaux de poêles de Fraubrunnen et du poêle de 1518 du château de Holligen est confirmée par les résultats de la présente étude scientifique. Pour les carreaux de Nidau, une production locale est plus plausible. Les 17 carreaux étudiés forment un groupe chimique singulier, se différenciant considérablement des carreaux pauvres en calcium des châteaux forts jurassiens et de la manufacture de la ville de Zoug, pour lesquels on dispose actuellement d'analyses chimiques. Une première étape est ainsi franchie dans la validation d'attributions également sous l'angle des sciences naturelles.

Les manufactures utilisèrent principalement des argiles pauvres en calcium et maigres, plus rarement des argiles grasses, avec des quantités variables de dégraissant ajouté sous forme de sables riches en quartz. Visiblement, différentes matières premières et recettes furent mises en œuvre dans les ateliers. Un mélange d'argiles ou un lavage des matières premières n'a pas pu être détecté. La plupart des carreaux subirent une seconde cuisson entre 950 et 1050°C, ce qui indique une bonne maîtrise de la conduite du feu. Si l'on combine ces résultats avec ceux des analyses au microscope électronique à balayage une impressionnante image du savoir-faire technique des potiers bernois à la charnière du 15^e et du 16^e siècle se dégage⁵⁸.

Traduction : Christophe Gerber

⁵⁷ Janke 1989; Janke/Galetti/Stern 1991.

⁵⁸ Die Bemerkung «Da Materialanalysen erfahrungsgemäss selten zu konkreten Ergebnissen führen, [...]» (Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994, 25, Anm. 66) ist in diesem Falle widerlegt.

Literatur

Blanc 2007a

Claire Blanc, Étude archéométrique de la faïence-rie du Sauvage, Fribourg (1758-1810). Thèse non publiée Université de Fribourg 2007.

Blanc 2007b

Claire Blanc, Étude archéométrique. In: Marino Maggetti (Dir.), La faïence de Fribourg (1753-1844). Dijon 2007, 82-125.

Boschetti-Maradi et al. 2004

Adriano Boschetti-Maradi, Daniel Gutscher, Markus Leibundgut und Susanne Frey-Kupper, Die Untersuchungen im Rathaus Nidau 1993. Archäologie im Kanton Bern 5. Bern 2004, 641-676.

Bourgarel 2007

Gilles Bourgarel, La Grand-Rue 10: précieux témoin de l'histoire d'une ville. Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise 9. Fribourg 2007, 36-115.

Bourgarel 2013

Gilles Bourgarel, Les premiers témoignages de productions stannifères en Suisse et dans le canton de Fribourg (XV^e-XVII^e siècles). In: Marino Maggetti, Denis Morin et Georges Rech (Éds.), Faïences et faïenceries de l'arc jurassien et ses marges. Procédés techniques et décors. L'apport des sources et de l'archéologie. Deuxième Table Ronde Franco-Suisse, 24-25.10.2009. Conseil Général de la Haute Saône et Université de Fribourg, 2003, 59-89.

Collomb/Maggetti 1996

Philippe Collomb et Marino Maggetti, Dissolution des phosphates présents dans des céramiques contaminées. Revue d'Archéométrie 20, 1996, 69-75.

Franz 1969

Rosemarie Franz, Der Kachelofen. Entstehung und kunstgeschichtliche Entwicklung vom Mittelalter bis zum Ausgang des Klassizismus. Graz 1969.

Frey 2016

Jonathan Frey, Manche mögen's bunt – Polychrom bemalte Fayence-Ofenkacheln aus Zürich, datiert vor 1542. In: Hans-Georg Stephan (Hrsg.), Keramik und Töpferei im 15./16. Jahrhundert. Beiträge des 47. Internationalen Symposiums für Keramikforschung vom 8. bis 12. September 2014 in der Lutherstadt Wittenberg. Hallesche Beiträge zur Archäologie des Mittelalters 2. Langenweissbach 2016, 41-49.

Heimann 2016

Robert B. Heimann, X-Ray Powder Diffraction (XRPD). In: Alice Hunt (Ed.), The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. Oxford 2016, 327-341.

Heimann/Maggetti 2014

Robert B. Heimann und Marino Maggetti, Ancient and Historical Ceramics: Materials, Technology, Art, and Culinary Traditions. Stuttgart 2014.

Janke 1989

Dobromila-Maria Janke, Technik und Herkunft mittelalterlicher Ofenkacheln aus der Nordwestschweiz. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Freiburg/Schweiz 1989.

Janke/Galetti/Stern 1991

Dobromila-Maria Janke, Giulio Galetti und Willem Stern, Mittelalterliche Ofenkacheln – chemische und mineralogische Untersuchungen. In: Jürg Tauber (Hrsg.), Methoden und Perspektiven der Archäologie des Mittelalters. Archäologie und Museum 20, 1991, 177-185.

Maggetti 1982

Marino Maggetti, Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin. In: Jacqueline Olin und Alan Franklin (Eds.), Archaeological Ceramics. Washington D. C. 1982, 121-133.

Maggetti 1994

Marino Maggetti, Mineralogical and Petrographical Methods for the study of ancient pottery. In: Francesco Burragato, Odilo Grubessi und Lorenzo Lazzarini (Eds.), Proceedings of the 1st European workshop on archaeological ceramics. Università degli studi La Sapienza, Roma 1994, 23-35.

Maggetti 2008

Marino Maggetti, Naturwissenschaftliche Untersuchung antiker Keramik. In: Andreas Hauptmann und Volker Pingel (Hrsg.), Archäometrie. Methoden und Anwendungsbeispiele naturwissenschaftlicher Verfahren in der Archäologie. Stuttgart 2008, 91-109.

Maggetti 2009

Marino Maggetti, Neolithic pottery from Switzerland: raw materials and manufacturing processes. In: Andrew Shortland, Ian Freestone und Thilo Rehren (Eds.), From Mine to Microscope, Advances in the Study of Ancient Technology. Oxford 2009, 29-42.

Maggetti 2016

Marino Maggetti, Technologische Analyse zweier Steckborner Ofenkacheln von ca. 1740. Bulletin der Keramik-Freunde der Schweiz 88, 2016, 13-24.

Maggetti 2019

Marino Maggetti, Der Rüdlinger Kachelofen. Naturwissenschaftliche Analyse des 1681/1682 datierten Ofens des Winterthurer Hafners Abraham Pfau. Mitteilungsblatt der Keramik-Freunde der Schweiz 133, 2019, 15-49.

Maggetti 2020

Marino Maggetti, The introduction of the tin opacified glaze technique in Switzerland at the end of the 15th century AD – a SEM study of stove tiles from the Canton Bern. Journal of Archaeological Science, Reports 34, 2020, 1-17.

Maggetti 2021

Marino Maggetti, A SEM study of black, blue, violet and yellow inglaze colours of the oldest Swiss tin opacified stove tiles (c. 1450 - c. 1512, Canton Bern). Archaeometry, im Druck.

Maggetti/Westley/Olin 1984

Marino Maggetti, Harold Westley und Jacqueline Olin, Provenance and Technical Studies of Mexican Majolica Using Elemental and Phase Analysis. In: Joseph B. Lambert (Ed.), ACS Advances in Chemistry Series 205, Archaeological Chemistry III, American Chemical Society, 1984, 151-191.

Maggetti/Galetti/Torche-Julmy 2014

Marino Maggetti, Giulio Galetti et Marie-Thérèse Torche-Julmy, Analyses scientifiques de quelques catelles de poêles fribourgeois du XVIII^e s. Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles 103, 2014, 59-82.

Maggetti et al. 2015

Marino Maggetti, Gilles Bourgarel, Vincent Serneels et Gregor Kozłowski, Les catelles de trois poêles du XVIII^e siècle de la maison Grand-Rue 59 à Fribourg. Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles 104, 2015, 74-113.

Maggetti/Serneels 2016

Marino Maggetti et Vincent Serneels, Chemische und technologische Analyse einiger Fayence-kacheln eines Johann Baptist Nuoffer zugeschriebenen Kachelofens von ca. 1780-85. Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles 105, 2016, 32-90.

Richter 2015

Rainer G. Richter, Sächsische Ofenkacheln der Reformationszeit. *Keramos* 227, 2015, 1–28.

Riederer 1976

Rainer Riederer, Die naturwissenschaftliche Keramikuntersuchung am Rathgen-Forschungslabor. Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte 7, 1976, Keramiktechnologie 1.1–7.

Roth 1999

Eva Roth, Ein bernischer Fayence-Kachelofen aus dem Jahr 1518. *Kunst + Architektur in der Schweiz* 50/2, 1999, 22–32.

Roth Heege 2001

Eva Roth Heege, Bernische Kachelöfen im späten Mittelalter. *Keramos* 171, 2001, 73–100.

Roth Heege 2002

Eva Roth Heege, Early majolica production in Switzerland: a stove dated 1518 from Holligen castle in Bern. In: Johan Veeckman et al. (Eds.) *Majolica and glass from Italy to Antwerp and beyond. The transfer of technology in the 16th – Early 17th century*. Antwerpen 2002, 481–486.

Roth Heege 2007

Eva Roth Heege, Konfession und keramische Bilderwelt, oder: Spiegeln sich in der Ofenkeramik des 16. Jahrhunderts im schweizerischen Mittelland Einflüsse der Reformation und der Gegenreformation? In: Carola Jäggi und Jörn Staecker (Hrsg.), *Archäologie der Reformation. Studien zu den Auswirkungen des Konfessionswechsels auf die materielle Kultur*. Berlin/New York 2007, 369–397.

Roth Heege 2009

Eva Roth Heege, Zwischen Tradition und Innovation. Kachelöfen der Schweiz, 15.–17. Jahrhundert. In: Barbara Scholkmann, Sören Frommer, Christina Vossler und Markus Wolf (Hrsg.), *Zwischen Tradition und Wandel. Archäologie des 15. und 16. Jahrhunderts*. Tübinger Forschungen zur historischen Archäologie 3. Tübingen 2009, 291–304.

Roth Heege 2011

Eva Roth Heege, Die archäologischen Untersuchungen. In: Eva Roth Heege und Gisela Thierrin-Michael, *Frühneuzeitliche Hafnerei in Zug (Schweiz)*. Archäologische und archäometrische Untersuchungen. Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich 27, 2011, 53–59.

Roth Heege 2012

Eva Roth Heege, Ofenkeramik und Kachelöfen. Typologie, Terminologie und Rekonstruktion. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 39. Basel 2012.

Roth Heege 2017

Eva Roth Heege, Internationales aus der Zentralschweiz. Eine Renaissance-Töpferei in der Zuger Altstadt. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit 30, 2017, 215–220.

Roth Heege 2018

Eva Roth Heege, Kachelöfen in der Schweiz, Dekore und Formen von 1500 bis 1850, Kachlová kamna ve Švýcarsku, deory a formy v období let 1500 až 1850. In: Jitka Šrejberová (Ed.), *Kachle a Kachlová kamna, Ofenkacheln und Kachelöfen*, Sborník příspěvků z mezinárodní konference k výstavě Svět kachlový kamen, Oblastní muzeum v Mostě, 19.–20. Dubna 2018. Sammelband der Beiträge der internationalen Konferenz zur Ausstellung Die Welt der Kachelöfen, Regionales Museum in Most, 19.–20. April 2018, 26–39.

Roth Heege 2019

Eva Roth Heege, A Potter's workshop from the Renaissance Period at Zug. Swiss Faience Production in the Second Half of the 16th Century. In: Gabriela Blažková and Kristýna Matějková (Eds.), *Europa Postmediaevalis 2018, Post-medieval pottery between (its) borders*. Oxford 2019, 25–34.

Roth Heege/Thierrin-Michael 2016

Eva Roth Heege und Gisela Thierrin-Michael, Oberaltstadt 3/4. Eine Töpferei des 16. Jahrhunderts und die Geschichte der Häuser. *Archäologie der Stadt Zug* 2, 2016, 11–154.

Roth Kaufmann/Buschor/Gutscher 1994

Eva Roth Kaufmann, René Buschor und Daniel Gutscher, Spätmittelalterliche reliefierte Ofenkeramik in Bern. Herstellung und Motive. Bern 1994.

Schweizer 1990

Jürg Schweizer, Fraubrunnen BE. Hinweise auf Baugeschichte und Baugestalt aufgrund der Untersuchungen und Dokumentationen während der Gesamtrestaurierung 1975–1979 des heute als Amtssitz dienenden Bauwerks. In: Karl Grunder, Alfred Hidber und Brigitt Sigel (Red.), *Zisterzienserbauten in der Schweiz. Neue Forschungsergebnisse zur Archäologie und Kunstgeschichte*. Bd. 1: Frauenklöster. Zürich 1990, 121–128.

Thierrin-Michael 2003

Gisela Thierrin-Michael, Contribution des analyses chimiques, pétrographiques et minéralogiques. *Cahier d'archéologie jurassienne* 18, 2003, 121–137.

Thierrin-Michael 2011

Gisela Thierrin-Michael, Die archäometrische Untersuchung. In: Eva Roth Heege und Gisela Thierrin-Michael, *Frühneuzeitliche Hafnerei in Zug (Schweiz)*. Archäologische und archäometrische Untersuchungen. Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich 27, 2011, 59–64.

Thierrin-Michael 2016

Gisela Thierrin-Michael, Archäometrische Untersuchung. In: Eva Roth Heege und Gisela Thierrin-Michael, *Oberaltstadt 3/4. Eine Töpferei des 16. Jahrhunderts und die Geschichte der Häuser*. *Archäologie der Stadt Zug* 2, 2016, 83–106.

Torche-Julmy 1979

Marie-Thérèse Torche-Julmy, Les poêles fribourgeois en céramique. Fribourg 1979.

Von Orelli-Messerli 1999

Barbara von Orelli-Messerli, Frühe Fayence in der Schweiz. Keramiköfen und Ofenkacheln. *Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte* 56, 1999, 115–127.