Abb. 1: Blick in die Feuerung.

Jürgen Tzschoppe-Komainda

Auf den Spuren der Flammen und ihrer Wirkung

Grundsätzliches zu Aufbau, Funktionsweise und der Ausgrabung von Freifeueröfen zur Keramikproduktion. - Teil 1: Technische und physikalische Grundlagen

Brennöfen dienen dazu, Wärme gezielt auf Objekte im Inneren zu übertragen. Beim Keramikbrand soll aus geformtem Lehm und Ton ein harter Gebrauchs- oder Ziergegenstand werden. Die notwendigen Temperaturen ab ca. 600 °C konnten in historischen Zeiten nur durch Feuer erzielt werden. Freifeuerbrennöfen waren die einzige Möglichkeit, die notwendigen hohen Temperaturen auf das Brenngut zu übertragen. Die variantenreichen Bauformen dieser Öfen waren geprägt durch regionale Traditionen sowie die Erfahrungen und Fertigkeiten der einzelnen Töpfer[1] die sie erbauten und bedienten.

Diese dreiteilige Artikelreihe beinhaltet theoretische Hintergründe und hilfreiche Tipps aus der Grabungspraxis zur archäologischen Untersuchung und Dokumentation von Freifeuerbrennöfen zur Keramikproduktion. Die praktischen Kenntnisse, die hier einfließen, erwarb ich bei Ausgrabungen im südwestlichen Nordrhein-Westfalen. Dort habe ich mit meinen Team Keramikbrennöfen ausgegraben und Untersuchungen von Öfen, die von archäologischen Fachfirmen durchgeführt wurden, beratend begleitet. Die Ausgrabungsorte lagen in Frechen, Brühl, Brühl-Pingsdorf, Langerwehe, Bornheim-Walberberg und Bonn. Dokumentiert wurden dort römische, mittelalterliche und neuzeitliche Freifeuerbrennöfen von unterschiedlicher Bauweise. Sie waren zum größten Teil unvollständig erhalten. Die in diesem Beitrag vorgestellten theoretischen Grundlagen ergaben sich neben der Literaturrecherche aus Gesprächen mit alten Töpfern, die noch Freifeuerbrennöfen verwendet hatten.

Es gibt eine Fülle unterschiedlicher Ofentypen, die in Aufbau, Bauelementen und Luftführung variieren. Die Größe der Freifeuerbrennöfen variiert sehr stark. In Frechen und Brühl konnte beobachtet werden, wie die Töpfer die Brennräume an bestehenden Öfen vergrößerten. In Mehrkammeröfen sind Feuerung und Brenngut baulich voneinander getrennt. Nach Anordnung der Kammern im Ofen wird bei senkrechter Gliederung von stehenden und bei hintereinander angeordneten Kammern von liegenden Ofenkonstruktionen gesprochen. Auf weiterführende Aspekte der Typologie wie auch die zeitliche Entwicklung soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Im Folgenden werden einige grundlegende und im Prinzip allgemeingültige Betrachtungen zu Freifeuerkeramikbrennöfen im archäologischen Befund dargelegt.

1 Die Historischen Quellen (Abbildungen, Steuer- und Adressenlisten sowie Zunftordnungen) deuten auf eine strikte Trennung der Tätigkeiten in den Töpfereibetrieben hin: Die Töpfer waren für den Ton, das Drehen der Gefäße, für das Einsetzen und den Brand, inklusive des Ofenbaues zuständig. Die Frauen waren im Betrieb für das Henkeln, für die Bemalung der Waren und für den Verkauf der Keramikerzeugnisse aus dem Betrieb heraus zuständig. Zusätzlich oblag ihnen die Familienarbeit. Bis ins 19. Jahrhundert ist mir kein Nachweis bekannt, dass Frauen als Töpferinnen tätig waren.

Baubestandteile von Freifeuerbrennöfen und deren Funktion

Brennöfen sind zur Entwicklung, Speicherung und Übertragung der Wärmeenergie gebaute Konstruktionen. Die Bauweise, das Baumaterial, der Brennstoff, die erwünschte Spitzentemperatur und die Brennatmosphäre, in der gebrannt werden sollte, bestimmten die Konstruktion der Keramikbrennöfen. In den anstehenden Lehm gestochene Ofengruben brauchten für eine geschlossene Ofenform nur noch ein Gewölbe. Die Statik und Wärmedämmung der Wände wurde durch den Umgebungslehm gewährleistet. Ein erster Leerbrand festigte die Innenseite des Ofens. Bei aufgemauerten Freifeuerbrennöfen wurden bis zu vier Lagen Ziegelsteine zur Wärmedämmung um den Ofen herum gebaut.

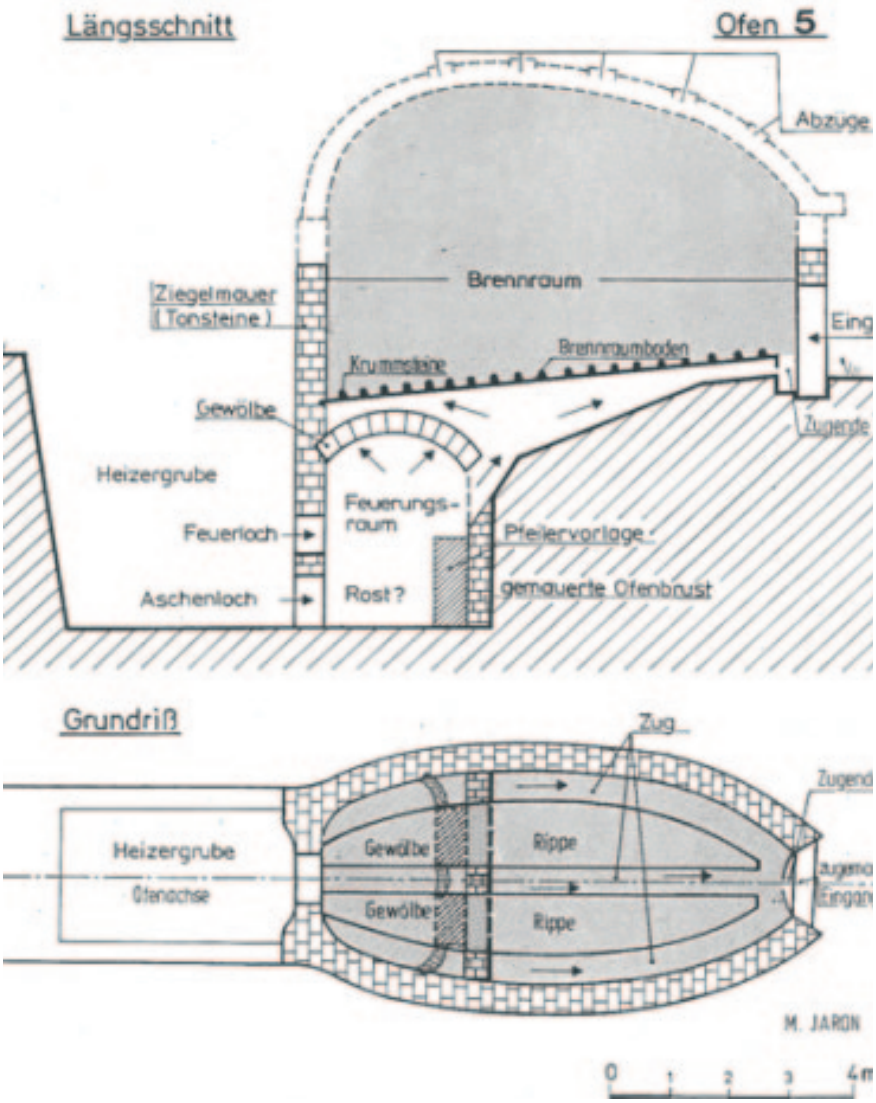


Abb. 2 : Prinzip Freifeuer-Keramikbrennofen, Grundlage ist ein Steinzeug-Brennofenbefund Rekonstruktionsvorschlag für Periode 5; Frechen, Hauptstraße 3-7.

1. Die **Heizergrube** war der Arbeitsraum zum Befeuern und das Lager für das Brennmaterial während des Keramikbrandes. Von hier aus wurde das Holz (oder anderes Brennmaterial) nachgelegt, um die Temperatur langsam bis schnell zu steigern oder gezielt durch das Feuer die Aufheizung in den einzelnen Bereichen des Ofens zu steuern. Es musste genügend Brennmaterial für den gesamten Brand in unmittelbarer Nähe gelagert sein.

Die Heizergrube war das am tiefsten gelegene Bauteil, wodurch eine aufsteigende Flammenführung ermöglicht wurde. Von hier aus wurde mit der Luft der Sauerstoff für die Verbrennung angesaugt. Lag dieser Arbeitsplatz tief im Boden, war ein Abstieg in Form einer Treppe, Leiter oder Rampe notwendig.

Abb. 3: Arbeitsplatz des Heizers: stochen beim Kannenofenbrand; Höhr-Grenzhausen

Abb. 4 (links): Blick vom weitgehend abgerissenen Feuerungsraum in die langgezogene Feuerung (Schürkanal) Ofen III; Haarhausen.

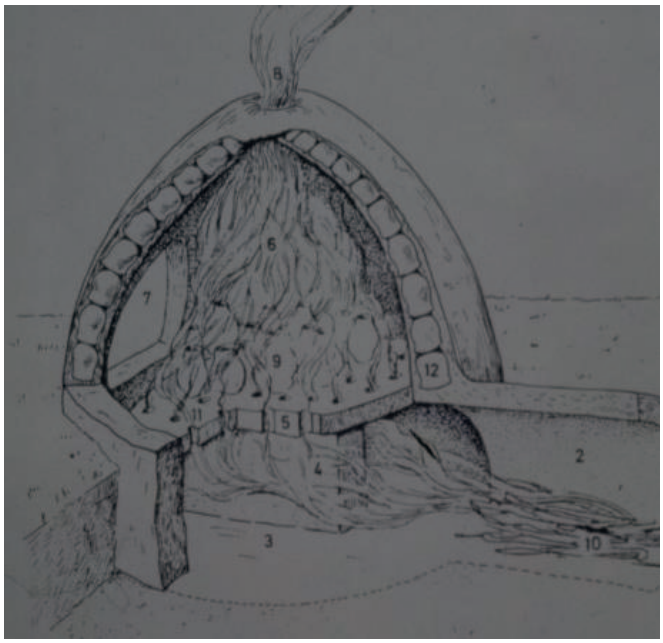


Abb. 5 (recht): 3D-Rekonstruktionszeichnung Haarhausen, Ofen 3, mit lang gezogener Feuerung (Entwurf Winter)

1 = Schüröffnung, 2 = Schürhals, 3 = Feuerungsraum/Hölle, 4 = Steg, 5 = Lochtenne, 6 = Brennraum, 7 = Einsetzöffnung, 8 = Abzugsöffnung, 9 = Brenngut/Keramik, 10 = Brennmaterial/Holz, 11 = Pfeifen/Löcher in Lochtenne, 12 = Wölbtöpfe.

2. Der **Feuerungsraum** schloss als erstes Brennofenbauteil an die Heizergrube an: Hier wurde das Brennmaterial eingeführt. Der Brandprozess begann sichtbar als Flamme. Das Brennmaterial verbrannte zu Asche.

Vorgeschichtliche bis mittelalterliche Keramikbrennöfen hatten oft einen tunnelartig langgezogenen Feuerungsraum, den Schürkanal. Dafür gibt es nach Michael Cardew (1980, 166) eine mögliche Erklärung: Das Feuer wurde am „Tunnel"-Eingang entfacht und, wenn es richtig brannte, zum Ende vor die Ofenbrust geschoben. Die bei längerer Branddauer anfallende glühende Asche wurde zurückgezogen. Das Feuer hatte damit wieder genügend Platz, sich weiter zu entwickeln. Die im Schürkanal liegende glühende Asche erwärmte die angesaugte Frischluft. Dadurch wurden im weiteren Brandverlauf auch höhere Temperaturen möglich. Bei den jüngeren Freifeuerbrennöfen lag unter dem Feuerungsraum, teilweise durch ein Rost getrennt, ein Aschenraum.

3. Die **Ofenbrust** war eine senkrechte Wand im Feuerungsraum, gegen welche die Flammen prallten und nach oben gelenkt wurden. Je nach Brennofentyp teilte sie auch die Flammen. Bei überwiegend liegenden[2] Keramikbrennöfen übernahm ein Feuergitter diese Funktion. Es trennte den Feuerungsraum vom Brennraum und verwirbelte die Flammen. Diese wurden dadurch im Brennraum verteilt und verlangsamt, wodurch sich die Wärmeübertragung auf das Brenngut verbesserte (siehe Abb. 6).

Ein **Ständer** war eine fast geschlossene Wand zwischen Feuerung und Brennraum, eine Verlängerung der Ofenbrust nach oben. Er ließ nur zur Brennraumkuppel eine Öffnung frei, durch die die Flammen und die Brandgase in den Brennraum gelangen konnten.

2 Beim überwiegend liegenden Freifeuerbrennofen verlaufen die Flamme und der Luftstrom von der unten liegenden Feuerung zu dem höherliegenden Brennraumende. Diese Bauform ermöglichte es dem Töpfer, die Kapazität seines Brennofens zu steigern. Die Unterscheidung von liegenden und stehenden Keramikbrennöfen ist von Archäolog:innen angewendet worden. Entscheidend ist aber nicht die höhenmäßige Anordnung von Feuerung und Brennraum, sondern die Absicht des Töpfers, einen optimalen Brand seiner Keramik zu ermöglichen.

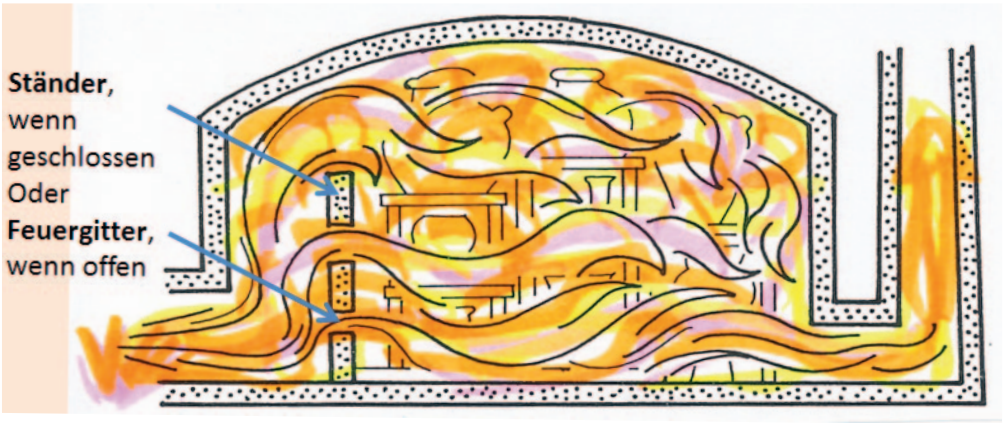


Abb. 6 : Feuergitter zwischen Feuerung und Brennraum bei einem liegenden Ofen „Kasseler Ofen"

Abb. 7: Die Flammen schlagen aus den Gewölbeöffnungen; Höhr-Grenzhausen

4. Als **Züge oder Füchse** werden Kanäle bezeichnet, durch die die oxidierenden Brandgase (Flammen, Abgase und erwärmte Luft) unter den Brennraum gelangten. Diese Kanäle stiegen vom Feuerungsraum zum Ofenende hin an, wo sie meist zusammenliefen. Die Steigung nahm häufig zum Zugende ab, damit die Brandgase langsamer in den Brennraum einströmten und die nun etwas niedrigere Temperatur der Gase länger auf die Gefäße einwirken konnte.

Die Züge waren oben mit in unterschiedlichen Abständen verlegten Tonrollen oder Ton-/Ziegelsteinen abgedeckt, sodass die Brandgase aufstiegen, durch den Brennraumbesatz (Keramik und Brennhilfen) gelangten und über die Abzüge in der Brennraumkuppel abgesogen wurden. Bei vollem Brand schlugen die Flammen aus den Öffnungen der Kuppel oder aus dem Kamin.

Die Begriffe Züge und Füchse werden oft synonym benutzt. Regional haben sie aber auch verschiedene Bedeutungen. Kanäle werden als Züge bezeichnet, wenn die Flammen über sie in den Brennraum gelangen und durch Öffnungen in der Kuppel abgesaugt werden.

Bei Füchsen ist der Verlauf umgekehrt. War ein Kamin an diese Kanäle angeschlossen, dann wurde eine andere Flammenführung möglich. Die Flammen wurden durch den Ständer oder das Feuergitter nach oben unter die Kuppel gelenkt, gelangten von dort in den Brennraum und wurden durch den Brennraumbesatz in die Füchse abgesaugt. Den nötigen Zug gewährleistete der Kamin. Die Irdenwareöfen in Frechen funktionierten nach diesem Prinzip.

Es gab auch liegende Keramikbrennöfen, die ohne Züge auskamen. Hier wurde der Feuerungsraum nur durch ein Feuergitter vom Brennraum getrennt. Der Sog für die Flammen wurde über einen Kamin erzeugt. Keramikbrennöfen dieser Bauart werden als „Kasseler Brennöfen“ bezeichnet (Siehe Abb. 6).

Jürgen Tzschoppe-Komainda

Abb. 1: Blick in die Feuerung.

Auf den Spuren der Flammen und ihrer Wirkung

Grundsätzliches zu Aufbau, Funktionsweise und der Ausgrabung von Freifeueröfen zur Keramikproduktion. - Teil 1: Technische und physikalische Grundlagen

Brennöfen dienen dazu, Wärme gezielt auf Objekte im Inneren zu übertragen. Beim Keramikbrand soll aus geformtem Lehm und Ton ein harter Gebrauchs- oder Ziergegenstand werden. Die notwendigen Temperaturen ab ca. 600 °C konnten in historischen Zeiten nur durch Feuer erzielt werden. Freifeuerbrennöfen waren die einzige Möglichkeit, die notwendigen hohen Temperaturen auf das Brenngut zu übertragen. Die variantenreichen Bauformen dieser Öfen waren geprägt durch regionale Traditionen sowie die Erfahrungen und Fertigkeiten der einzelnen Töpfer[1] die sie erbauten und bedienten.

Diese dreiteilige Artikelreihe beinhaltet theoretische Hintergründe und hilfreiche Tipps aus der Grabungspraxis zur archäologischen Untersuchung und Dokumentation von Freifeuerbrennöfen zur Keramikproduktion. Die praktischen Kenntnisse, die hier einfließen, erwarb ich bei Ausgrabungen im südwestlichen Nordrhein-Westfalen. Dort habe ich mit meinen Team Keramikbrennöfen ausgegraben und Untersuchungen von Öfen, die von archäologischen Fachfirmen durchgeführt wurden, beratend begleitet. Die Ausgrabungsorte lagen in Frechen, Brühl, Brühl-Pingsdorf, Langerwehe, Bornheim-Walberberg und Bonn. Dokumentiert wurden dort römische, mittelalterliche und neuzeitliche Freifeuerbrennöfen von unterschiedlicher Bauweise. Sie waren zum größten Teil unvollständig erhalten. Die in diesem Beitrag vorgestellten theoretischen Grundlagen ergaben sich neben der Literaturrecherche aus Gesprächen mit alten Töpfern, die noch Freifeuerbrennöfen verwendet hatten.

Es gibt eine Fülle unterschiedlicher Ofentypen, die in Aufbau, Bauelementen und Luftführung variieren. Die Größe der Freifeuerbrennöfen variiert sehr stark. In Frechen und Brühl konnte beobachtet werden, wie die Töpfer die Brennräume an bestehenden Öfen vergrößerten. In Mehrkammeröfen sind Feuerung und Brenngut baulich voneinander getrennt. Nach Anordnung der Kammern im Ofen wird bei senkrechter Gliederung von stehenden und bei hintereinander angeordneten Kammern von liegenden Ofenkonstruktionen gesprochen. Auf weiterführende Aspekte der Typologie wie auch die zeitliche Entwicklung soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Im Folgenden werden einige grundlegende und im Prinzip allgemeingültige Betrachtungen zu Freifeuerbrennöfen Keramikbrennöfen im archäologischen Befund dargelegt.

1 Die Historischen Quellen (Abbildungen, Steuer- und Adressenlisten sowie Zunftordnungen) deuten auf eine strikte Trennung der Tätigkeiten in den Töpfereibetrieben hin: Die Töpfer waren für den Ton, das Drehen der Gefäße, für das Einsetzen und den Brand, inklusive des Ofenbaues zuständig. Die Frauen waren im Betrieb für das Henkeln, für die Bemalung der Waren und für den Verkauf der Keramikerzeugnisse aus dem Betrieb heraus zuständig. Zusätzlich oblag ihnen die Familienarbeit. Bis ins 19. Jahrhundert ist mir kein Nachweis bekannt, dass Frauen als Töpferinnen tätig waren.

20/2022 Rundbrief Grabungstechnik 23

Dieser Beitrag umfasst drei Teile:

1. Technische und physikalische Grundlagen

- Baubestandteile und deren Funktion
- Die Wirkungen der Wärmeübertragung
- Die Wirkung auf die Ofenbestandteile
- Der Brennofen wurde unbrauchbar – was blieb übrig?
- Die Konsequenzen für die Freilegung
- Literatur (eine sehr kleine Auswahl)

In der 21. Ausgabe des Rundbriefs Grabungstechnik folgt ein Beitrag zu den Themenbereichen:

2. Ausgraben von Freifeuerbrennöfen - Wie können wir vorgehen?

- Was bedeutet dies für unsere Ausgrabungen?
- Sicheres Vorgehen bei der Ausgrabung von tiefen Ofenbefunden

3. Forschungsfragen an Freifeuerbrennöfen und ihr Umfeld/die Töpferei

- Fragestellungen an den Ofenbefund - Eine Liste
- Welches Umfeld gehört zu einem Keramikbrennofen? Wie sah die Werkstatt aus? Gibt es Spuren der Töpferscheibe oder eines Töpferrades? Wo wurde der Ton gelagert und gemaukt?

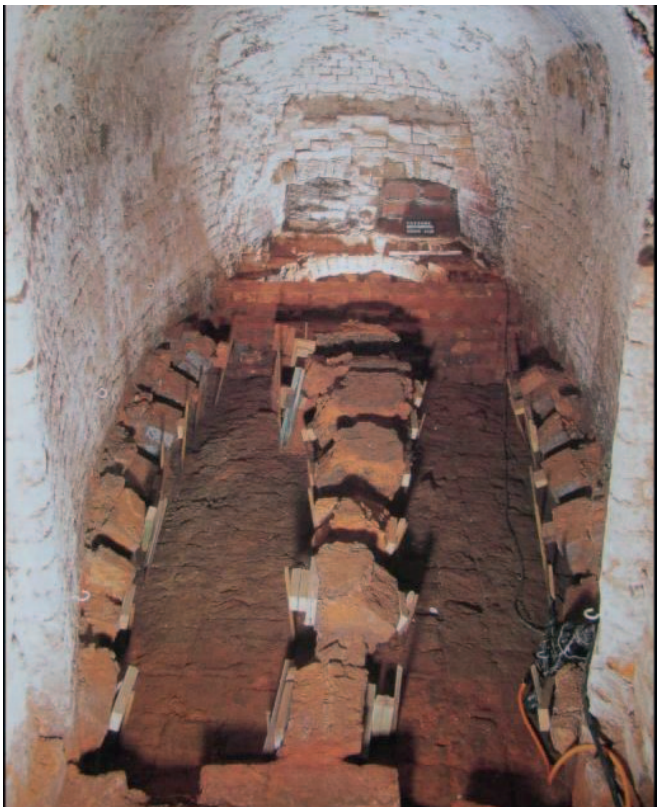


Abb. 8: Irdenwareofen, der nach Nutzungsaufgabe als Keller diente. Hier liegen die beiden unter dem ehemaligen Brennraumboden gelegenen Füchse frei. Blick vom Kamin durch den Brennraum zur Feuerung hin; Frechen, Alte Straße 141.

Abb. 9: Irdenwareofen, der Brennraumboden, darunter die Züge/Füchse, Blick vom Kamin zum Brennraum hin; Frechen, Broichgasse 15.

Abb. 10: Brennraumboden eines Steinzeug-Brennofens des 19. Jahrhunderts, belegt mit Tonplatten; Frechen Hochstedenstraße.

5. Im **Brennraum** wurde, unter Zuhilfenahme von Brenn- oder Stapelhilfen, die zu brennende Rohkeramik gestapelt. Da die Temperatur im Freifeuerbrennofen nicht überall gleich hoch und gleich lange einwirkte, versuchte der Töpfer, dies durch den Besatz mit Gefäßtypen von unterschiedlichem Wärmebedarf auszugleichen.

Beim überwiegend liegenden Ofen bestand der Brennraumboden aus den abgedeckten Zügen/Füchsen und den Oberkanten der zwischen ihnen liegenden Rippen/Mäuerchen. Auch er konnte zum Ofenende hin ansteigen. Bei den jüngeren Exemplaren wurde der Boden häufig mit Tonplatten belegt, wobei die Züge frei blieben. Sie wurden mit unterschiedlichen Abständen, die zum Ofenende hin größer wurden, abgedeckt.

Bei stehenden Brennöfen wurde der Boden des Brennraums meist von einer mit Löchern versehenen Lehmplatte gebildet. Diese Lochtenne wurde von einer zentralen Rippe oder zwei separaten Rippen getragen. Auch bei römischen Befunden von runden Brennöfen, die als Schächte aufgebaut waren, fanden sich gelochte Ofentennen.

Es gibt aber auch Befunde von mittelalterlichen Brennöfen, bei denen nur ein großer mittlerer Steg gefunden wurde. Daneben haben sich aus dieser Zeit Brennöfen erhalten, in denen einige der zu brennenden Gefäße zusätzlich in den Zügen platziert worden sind. Auch hier experimentierten die Töpfer.

Abb. 11: römischer „Schacht"-Ofen mit Ofentenne; Brühl-Betzdorf.

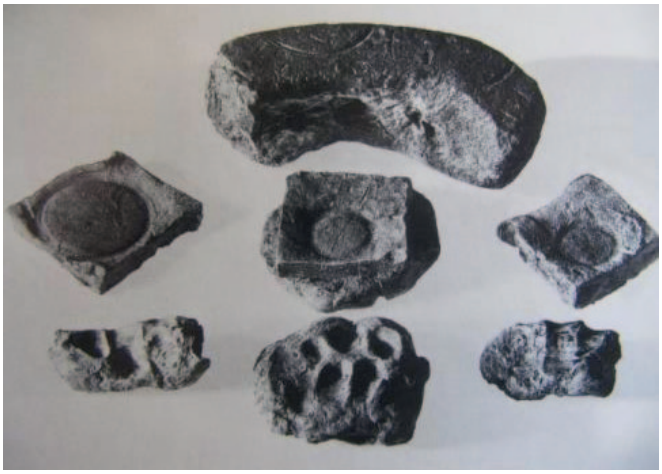


Abb. 12: Eine Vielfalt von Brennhilfen diente zum sicheren Stapeln der Gefäße im Brennraum.

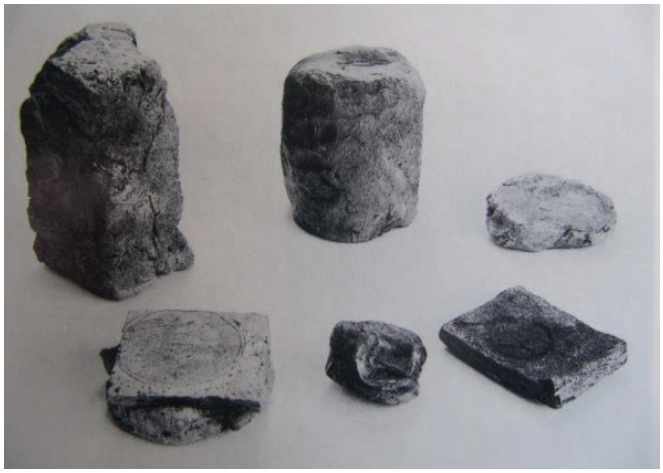


Abb. 13: weitere Formvarianten von Brennhilfen.

Zum Stapeln der Ware im Brennraum und auch zum Trennen der Gefäße voneinander wurden **Brennhilfen** eingesetzt. Abhängig vom Besatz waren dabei unterschiedliche Formen im Gebrauch. Neben in Sand gewalzten Tonbatzen, Tonwülste oder kleinen Tonplatten wurden auch dreibeinige Typen verwendet. Die Brennhilfen wurden aus dem gleichen Ton wie die Gefäße gefertigt. Tonplättchen wurden dabei häufig als Fußbodenbeläge weiter benutzt.

Die Öffnung, durch die die Ware in den Brennraum eingesetzt wurde, musste vor dem Brand vollkommen verschlossen werden.

6. Als **Brennraumkuppel** wird die Überwölbung des Brennraumes geschlossener Ofenformen bezeichnet. Sie konnte auch die Feuerung mit überwölben. In ihr waren Abzüge für den Rauch und die Brandgase eingearbeitet.

Bei den kleineren Brennöfen bestanden die oberen Wandungen und die Kuppel aus einem mit gemagertem Lehm beworfenen und verstrichenen Rutengeflecht. Beim ersten Brand härtete der Lehm aus und das Rutengeflecht verkohlte.

Bei größeren Brennöfen werden gemauerte Gewölbekuppeln vermutet, insbesondere wenn darin höhere Temperaturen erreicht werden sollten. Der Innenraum des Brennraumes und die Kuppel wurden mit einer Lehm-/Tonmischung ausgekleidet.

Bei stehenden Schachtöfen war keine Brennraumkuppel vorhanden und es lässt sich kein oberer Abschluss nachweisen. Wahrscheinlich deckte man das Brenngut in den zylindrischen Konstruktionen während des Brandes mit großem Keramikbruch ab.

7. Ein weiteres mögliches Konstruktionselement war ein **Kamin**, der ein besseres Ansaugen der Brand- und Abgase gewährleistete. Der Kamin war ein eigenes gemauertes Bauteil, das an den Brennraum anschloss. Die Züge/Füchse mündeten in den Kamin. Beim Brand wurde der Brennraum zum Kamin hin zugesetzt.

Abb. 14: Irdenware- oder Steinzeug-Brennofen mit Kamin (links) aus der 1. Hälfte des 16. Jahrhunderts; Frechen, Alte Straße

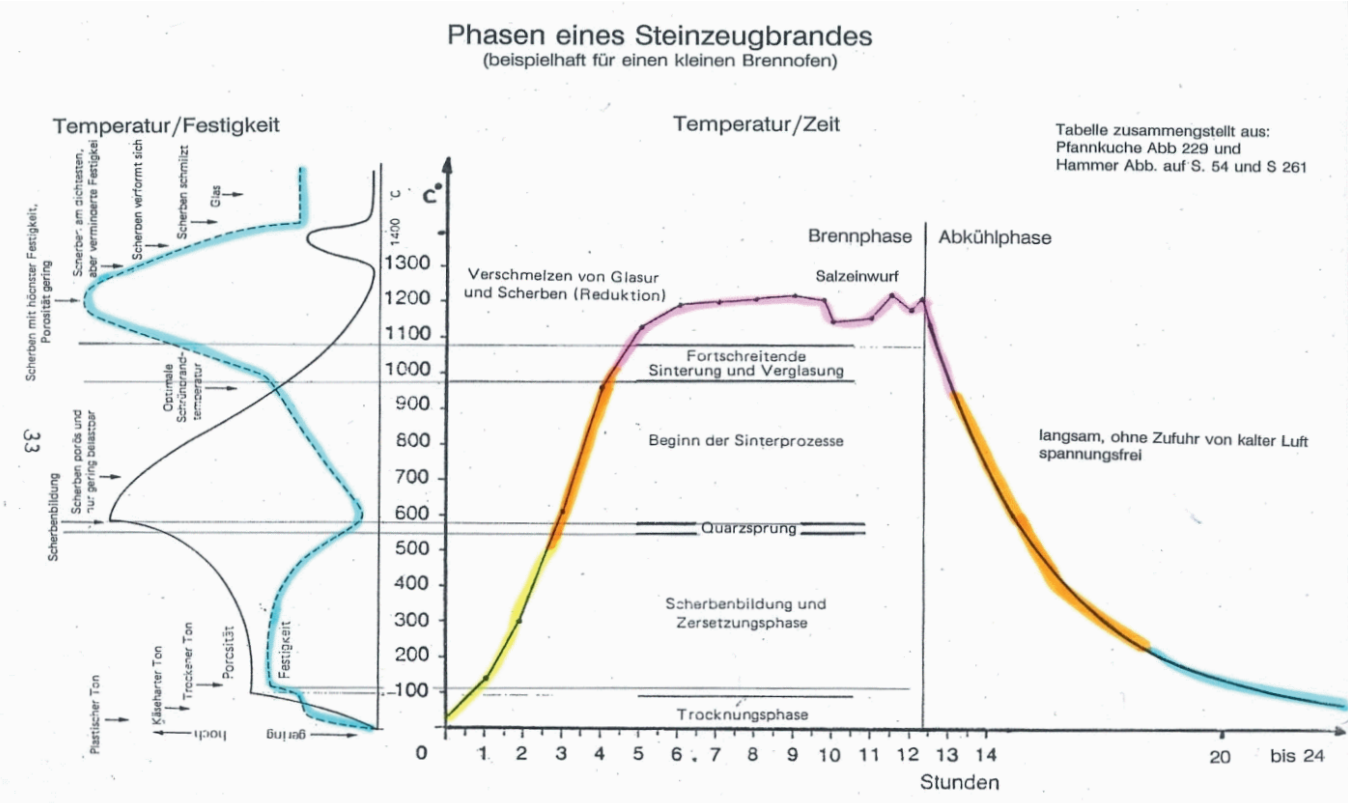


Abb. 15: Prinzipielle Wirkungskurven der Festigkeit (blau), der Porosität (schwarz) und des Brandverlaufs bei ansteigender und abfallender Temperatur.

Die Wirkungen der Wärmeübertragung

Wie konnte nun ein festes Gefäß und auch ein standhafter Brennofen entstehen? Die Grundmasse für beide bestand aus Lehm oder Ton, versehen mit Zusatzstoffen, um die Verarbeitung zu erleichtern. Formbar wurde diese Masse durch Zusatz von Wasser. Die Einwirkung von ausreichender Wärme löst im Ton physikalische und chemische Prozesse aus, die schließlich zur sogenannten Scherbenbildung und damit zu stabilen Keramikgefäßen führen. Keramiker:innen bezeichnen den gebrannten Ton eines Gefäßes als Scherben.

Meine folgende, sehr vereinfachende Darstellung der Brennprozesse basiert auf dem „Lexikon der Keramik und Töpferei" von Frank und Janet Hammer in der Übersetzung von Bernd Pfannkuche (1990).

Mit dem Entzünden des Brennmaterials entstehen Verbrennungsgase. Das Oxidieren dieser Gase setzt Wärmeenergie frei, was als Flamme sichtbar wird. Die Flamme, die warme Luft und noch nicht oxidierte Gase steigen nach oben, auch weil sie über die Abzüge oder durch den Kamin durch den Brennraum mit dem Besatz (Keramikgefäßen und Brennhilfen) hindurch angesaugt werden. Die andauernde Oxidation der Gase (Flammenbildung) erzeugt Wärme, die sich sowohl auf die gestapelten Gefäße als auch auf die Ofenwandungen überträgt.

Es wird zwischen Konvektions- und Strahlungswärme unterschieden, wobei der Übergang fließend ist. Als **Konvektion** wird die Wärmeübertragung von bewegten Gasen (und Flammen) an Ware und Ofenwandung bezeichnet. Die durch die Wärme schwingenden Moleküle des oxidierenden Brandgases erwärmen die Wandungen beim Auftreffen. Sie regen dort die Kristallgitter zum Schwingen an – ein Prozess, der sich im Inneren der Gefäßwandungen fortsetzt. Zwischen ca. 600 °C bis 900 °C entsteht in einem unumkehrbaren Prozess ein Keramikscherben. Bis ca. 1000 °C überwiegt die Wärmeübertragung durch Konvektion.

Bei darüber hinaus steigenden Temperaturen überwiegt die Wärmeübertragung durch die **Strahlung**, die von allen erhitzten Ofenbauteilen und dem Ofenbesatz ausgeht. Die Energiewellen treffen auf die Oberflächen und werden dort zum Teil absorbiert und in Wärme umgewandelt. Auch diese Wärme bringt die Kristallgitter weiter zum Schwingen. Ein Teil der Energie wird erneut abgestrahlt und trifft auf weitere Oberflächen.

Mehr als die Hälfte der Wärmeenergie wird allerdings im Brennprozess für das Aufheizen der Brennofenkonstruktion und der Brennhilfen benötigt.

Durch die Wärme entwickeln sich **Festigkeit und Porosität** im Scherben. Mit ansteigender Temperatur verändern sie sich gegenläufig (Abb. 15). Die schwarze Kurve zeigt die Entwicklung der Porosität und die blaue die der Festigkeit. Bis zum Quarzsprung nimmt die Festigkeit ab, die Gefäße und Ofenwandungen werden weich. Wird weiter Wärme zugeführt, nimmt die Festigkeit bis zur Sinterung zu. Während dieses Temperaturanstieges passiert der Scherben zwischen ca. 575 °C und 600 °C den Umwandlungspunkt des Quarzes und das Kristallgitter des Tonminerals verändert sich. Beim Abkühlen wandelt sich das Kristallgitter nicht zurück und der Scherben wird wasserunlöslich und fest.

Bleibt die einwirkende Wärme unterhalb des **Quarzsprung**es, entwickelt das Material sich wieder in seinen Ursprungszustand zurück. Es nimmt die Bodenfeuchte auf und wird wieder zum Tongemenge. Dies können wir bei niedrig gebrannter vorgeschichtlicher Keramik beobachten, die zwar die Form behält, aber durch Wasser aufgelöst werden kann.

Während des gesamten Brenn- und Abkühlungsprozesses verändert sich das Volumen der Gefäße durch die chemisch-physikalischen Prozesse im Material fortlaufend. Dasselbe gilt auch für die Ofenbauteile. Sie dehnen sich etwas nach innen aus, der Ausdehnung der Gefäße entgegen. Deshalb musste zwischen Brennraumwand und Besatz einen Abstand gelassen werden.

Für das Brennen von **Steinzeug** werden höhere Temperaturen als bei der Irdenware oder beim Steingut benötigt. Durch die Sinterung bis ca. 1.250 °C wird die Steinzeugware wasserdicht und säurefest. Ab ca. 1.200 °C sinkt jedoch die Festigkeit des Scherbens im Brennraum und ab ca. 1.400 °C schmilzt der Ton. Diese Temperaturschwellen liegen je nach Rohmaterial und Inhaltsstoffen unterschiedlich hoch und nicht alle Tone bleiben bis zu diesen hohen Temperaturen standfest.

Häufig findet sich auf Steinzeug die sogenannte **Salzglasur**. Sie entstand folgendermaßen: Bei einer Temperatur von ca. 1.250 °C war die Sinterung abgeschlossen und das Salzen konnte beginnen. Über die Abzugslöcher im Brennraumgewölbe wurde Kochsalz (NaCl) eingeworfen. Es verdampfte sofort, legte sich auf die Oberflächen und ging mit ihnen eine haltbare chemische Verbindung ein. Das Ergebnis war eine glatte und glänzende Gefäßoberfläche.

Auch Ofenwandungen waren davon betroffen. Durch viele Brände entstanden dann fließende Glasurablagerungen auf den inneren Ofenwänden. Nach mehreren Bränden mussten die Töpfer diese Glasurschichten abschlagen, damit die Ablagerungen den „Flammenfluss" in den Zügen und im Brennraum nicht behinderten. Auch Glasurtropfen auf die Gefäße mussten vermieden werden.

Die richtige Brandführung durch den Töpfer war genauso wichtig wie die Konstruktion des Ofens und das richtige Drehen oder Aufbauen der Gefäße. Das Gelingen des Brandes war für den Betrieb überlebenswichtig. Der komplexe Brennvorgang macht deutlich, dass in dem Brand nicht jedes eingesetzte Gefäß optimal mit Wärme versorgt oder spannungsfrei abkühlen konnte. Missgestaltetes Brenngut wurde sofort entsorgt. Gefäße der 3. Wahl wurden oft vom Töpfer/von der Töpferin selbst zerstört, um die Preise zu halten. Das erklärt die große Zahl der Scherbenhaufen und Gefäßfehlbrände im Umfeld der Töpfereibetriebe.

Die Wirkung des Brandes auf die Ofenbestandteile

Die Ofenwandung war den gleichen Brandbedingungen unterworfen wie das Brenngut. Teile der Ofenmauersteine oder des umgebenden Lehmmaterials entwickelten sich nach dem Brand wieder in ihren weichen Ursprungszustand zurück: Die

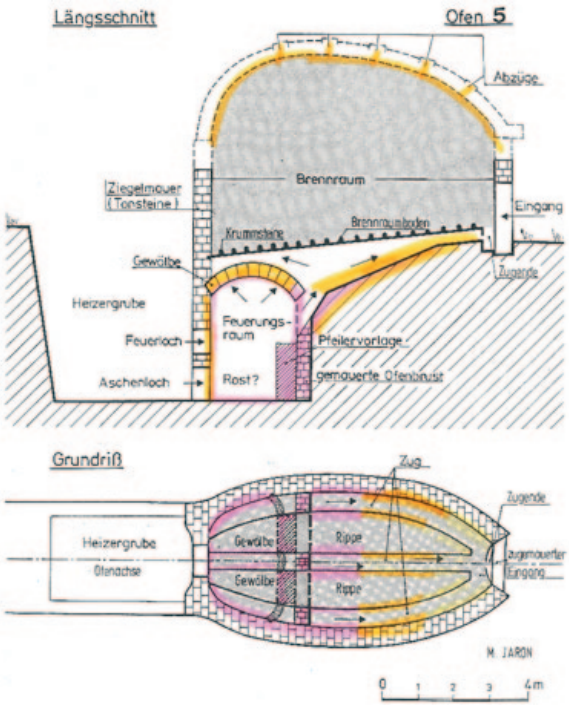


Abb. 16: Durch zu hohe Temperaturen stark beanspruchte Ofenbestandteile, Grundlage Steinzeug-Brennofen; Frechen, Hauptstraße 3-7.

Teile der Ziegel-/Tonsteine, die nicht über ca. 575 °C erwärmt wurden, sehen zwar aus wie gebrannt, sind aber bis heute wieder weich bis lederhart. Im umgebenden Lehm war dies ähnlich. Die rötliche Färbung blieb, entlang der Quarzsprunglinie bildete er sich jedoch wieder vom (quasi) Ziegel zum Lehm zurück.

Am meisten beansprucht und gefährdet waren alle Bauteile, auf welche die Flamme direkt auftraf und/oder die eine statische Funktion hatten. In erster Linie waren dies die Feuerung, die Ofenbrust, das Feuerungsgitter, die Züge, aber auch die Ofenkuppel. Die Töpfer reagierten darauf mit Einbauten, stärkerem Wandungsaufbau oder durch den Einbau von großen Keramikscherben (oft Fehlbränden) an den exponierten Stellen. Die hart gebrannte Keramik behielt auch unter der Beanspruchung ihre Form und blieb stabil.

Speziell für den Einbau in Keramikbrennöfen wurden mitunter Wölbtöpfe hergestellt. Ineinandergesteckt bildeten sie Stützen für das Ofengewölbe. Oft wurde in lederhartem Zustand in den Boden der Wölbtöpfe ein Loch gestochen. Durch die Löcher war der Austausch der sich ausdehnenden, heißen Luft während des Brandes gewährleistet. Dadurch wurde ein Zerbersten verhindert (siehe Abb. 5).

Die Wirkung der Flammen auf die Ofenwandungen war an folgendem Befund deutlich sichtbar: In Frechen, Hauptstraße 3-7, wurden auf engem Raum vier Brennöfen unterschiedlicher Zeitstellung von meinem Team ausgegraben (Abb. 19). Interessant waren dabei die Reste eines Steinzeug-Brennofens, der etwa im Jahr 1525 (s. u.) erbaut worden war. Er dokumentiert den mehrmaligen Versuch eines Töpfers, einen Brennofen zu bauen, der den hohen Temperaturen bis ca. 1.300 °C standhielt. Das Ziel wurde beim dritten Versuch erreicht.

Abb. 17 (links oben): Zwei übereinander gestülpte Wölbtöpfe, wie sie beim Wandungsbau Verwendung fanden und Reste der Lehmausschmierung der Kuppel; Haarhausen.

Abb. 18 (rechts oben): gebrannte Keramik/Fehlbrände in der Ofenwandung der Feuerung; Lagerwehe.

Abb. 19 (unten): Ofenwandung der aufsteigenden Züge mit verschieden beanspruchten Bauphasen, Steinzeug-Brennofen; Frechen, Hauptstraße 3-7.

Die Bauabfolge für diesen besonderen Befund lässt sich gut nachvollziehen:

1. Die Ofengrube wurde an einem Hang in den Lehm gestochen und durch einen ersten Brand verfestigt, wie die dünnen Schmauchspuren zeigen.

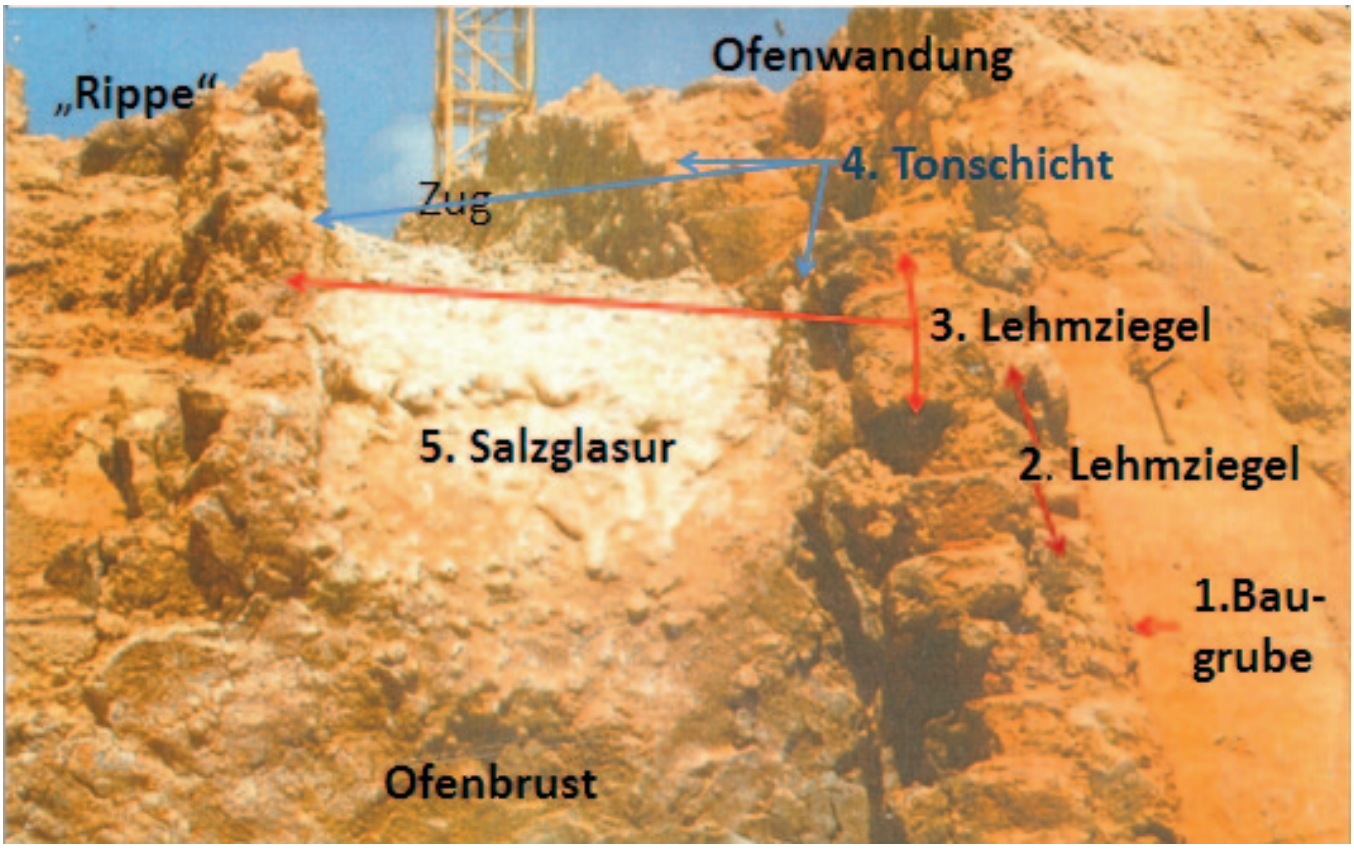
2. Die erste Ausmauerung der Ofengrube aus Lehmziegeln schmolz bei den für die Herstellung von Steinzeug notwendigen Temperaturen von über 1.200^{0} C. Der Brennofen brach zusammen.

3. Auch eine zweite Ausmauerung mit Lehmziegeln schmolz beim zweiten Brennversuch.

4. Für einen dritten Versuch wurde eine dünne Tonschicht im Innern des Brennofens auf die geschmolzenen Lehmziegel aufgetragen. Sie versinterte und stabilisierte dadurch den Brennofen. Vor der Ofenbrust und in den Zügen ist diese Tonschicht erhalten geblieben.

5. Die Existenz der Salzglasur beweist den Betrieb dieses Ofens als Steinzeug-Brennofen. Es gab mehrere Brände mit Salzglasur. Von Gefäßen abgeplatzte Eichenblätterapplikationen datieren den letzten Brand in die Mitte der 1. Hälfte des 16. Jahrhunderts.

In Frechen ist bisher kein älterer Brennofen als der eben Beschriebene bekannt, der aus ungebrannten Tonsteinen aufgebaut wurde, die sich beim ersten Brand festigten.



Ein Brennofen wurde unbrauchbar - was blieb übrig?

Wiederholte Brände setzten den Bauwerken erheblich zu. Die archäologischen Befunde zeugen von stetig wiederholtem Abdichten der Ofenwandung und Flickarbeiten am Brennofen.

Wiederholtes Aufheizen und Abkühlen, Ausdehnen und Zusammenziehen, Erweichen und Aushärten sowie Schmelzen in überfeuerten Bereichen veränderten das Material. Dies führte zur Versprödung der Ofenwand, zu Rissen und zum Verlust der Standfestigkeit. Die Lebensdauer eines Freifeuerbrennofens war dadurch beschränkt.

Ein verbrauchter, zu kleiner oder technisch veralteter Keramikbrennofen wurde abgebrochen. Benutzbare Bauteile konnten beim nächsten Brennofen weiterverwendet werden.

Ein abgebrochener Keramikbrennofen bildete eine störende Grube auf dem Gelände des Töpfereibetriebes. Diese musste verfüllt werden (Abb. 20). Dazu wurden Abbruchmaterial und Fehlbrände benutzt (Abb. 21). Erhalten blieben dabei unter dem Laufniveau liegende Bauteile des Brennofens.

Es kam vor, dass die Heizergrube als tiefstes Bauteil für die Befeuerung eines daneben neu gebauten Ofens weiterverwendet wurde. Manchmal wurde in einen unbrauchbaren Brennofen ein kleinerer eingebaut.

In Frechen wurden unter dem Laufniveau liegende Brennräume auch als Keller weiter benutzt (Abb. 8).

Konsequenzen für die Freilegung

Wie oben dargestellt, wandelten sich niedrig gebrannter Umgebungslehm, Lehm- oder Tonsteine zurück, wenn die Quarzsprungtemperatur nicht überschritten wurde. Es entstanden wieder weiche Lehm- oder Tonschichten. Die Verziegelungszonen entwickelten sich vollkommen unregelmäßig entsprechend der lokalen Eindringtiefe der Wärme. Dadurch bildeten sich unvorhersehbare Bruchkanten, an denen sich das Material lösen kann.

Ist der Ofen noch verfüllt, so ist der Ausgleich des Bodendruckes durch die Verfüllung gewährleistet. Wird sie herausgenommen, dann wirkt der Erddruck auf die Wandung. Dem entgegen wirkt nur noch die Haftung der Wandung am umgebenden Material oder die noch bestehende Statik der Wand. Dies sellt eine unsichere Situation für die Mitarbeitenden dar, die innerhalb des alten Freifeuerbrennofens an der Freilegung und Dokumentation arbeiten.

Was bedeutet dies für Ausgrabungen von historischen Freifeuerbrennöfen?

Der Beantwortung dieser Frage wird im 2. Teil dieser Artikelreihe im Rundbrief Grabungstechnik Nr. 21 nachgegangen.

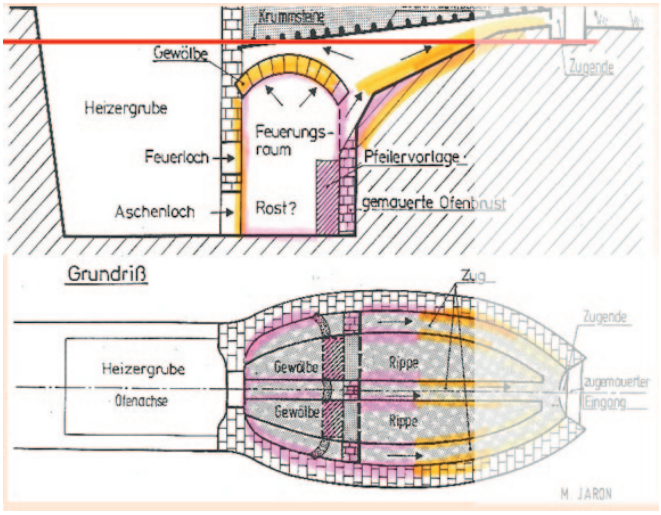


Abb. 20: Schema eines verfüllten Steinzeug-Brennofens; Die rote Linie kennzeichnet das erste Planum, welches angelegt werden konnte. Grundlage Steinzeug-Brennofen; Frechen, Hauptstraße 3-7.

Abb. 21: Verfüllung mit Keramikbruch aus Fehlbränden; Frechen

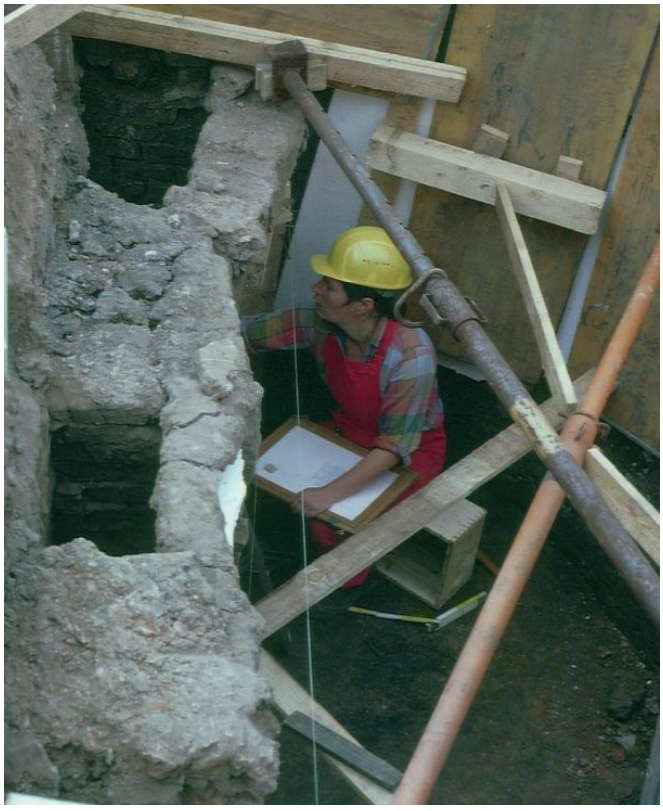


Abb. 22: Dokumentieren im verbauten Feuerungsraum des Steinzeugbrennofens; Frechen Broichgasse 15

Für Interessierte eine sehr kleine Auswahl an **Literatur** zu diesem Thema:

Frank und Janet Hammer „Lexikon der Keramik und Töpferei", Übersetzung und Bearbeitung der Deutschen Ausgabe von Bernd Pfannkuche, Augsburg, 1990

Sie erklären anschaulich die Brennprozesse und halfen mir beim Verständnis der Abläufe und Wirkungen. Dies gilt auch für das nachfolgende Buch.

Bernd Pfannkuche „Dumont's Handbuch der Keramikbrennöfen", Geschichtliche Entwicklung, Bauanleitungen und Brennbeschreibungen, Köln 1986

Michael Cardew „Der Pioniertöpfer", Bonn, 1980, (Übersetzung Wolf Matthes und Wilhelm Borgers)

Barbara Weiser „Töpferöfen von 500 bis 1500 n.Chr. im deutschsprachigen Raum und angrenzenden Gebieten" Bonn, 2003

Ihr beruflicher Weg von Keramikerin zur Archäologin prägt ihren Betrachtungsansatz. Was wollte der Töpfer beim Brennofenbau und Betrieb erreichen?

Andreas Heege (Hrsg.) „Töpferöfen – Pottery kilns – Fours de potiers", Basel, 2007

Entwicklung der Brennöfen vom Mittelalter bis in die Neuzeit, historisch und technisch. Aufsätze über Töpfereiregionen. Über 1000 Ofenbefunde abgebildet auf einer beigefügten CD.

Wolfgang Czycz „Steingut-Fabrik Louisensruh", Archäologie einer Steinzeugmanifaktur des frühen 19. Jahrhunderts, Neusäß, 1992

An einem archäologischer Befund mit historische Quellen (Töpferanwerbung – Brennofentechnik, Produktion und Verkaufslisten) und Auswertung der Funde (+Brennhilfen) wird ein lebendiges Bild der historischen Situation vermittelt.

Sigrid Dusek „Römische Handwerker im germanischen Thüringen", Ergebnisse der Ausgrabungen römischer Töpferöfen in Haarhausen, Kreis Arnstadt, Teil A: Auswertung Teil B: Fundbericht, Stuttgart, 1992

Karl Göbels „Rheinisches Töpferhandwerk", gezeigt am Beispiel der Frechener Kannen-, Düppen- und Pfeifenbäcker, Stadt Frechen, 1971

Jürgen Tzschoppe „Technologische Entwicklung am Frechener Kannenofen", In: Ausgegraben - Keramik aus Frechen vom Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert, Frechen, 1993

Wilhelm Elling Steinzeug aus Stadtlohn und Vreden, Borken, 1994

Beschreibung der Töpfereibetrieb und deren Waren vom 17. bis in 20.Jahrhundert.

Bärbel Kerkhoff-Hader „Lebens- und Arbeitsformen der Töpfer in der Südwesteifel", Rheinisches Archiv, Band 110, Bonn, 1980

Bärbel Kerkhoff-Hader „Töpferscheiben und -räder in rheinischen Werkstätten des 17. - 20. Jahrhunderts" In: Beiträge zur Volkskultur in Nordwestdeutschland,95, Münster, 1997

Wer die grundlegenden Arbeiten des Töpfers anschauen will kann sich zwei Filme des LVR-Amtes für Landeskunde aus dem Jahre 1979 ansehen. Sie sind unter https://de.wikipedia.org/wiki/Steinzeug zu finden.

Andreas Krieger/Jürgen Tzschoppe „Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz bei archäologischen Ausgrabungen" Unfallkasse NRW 2013 https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/Sonderschriften/S_025-Ausgrabungen.pdf

Abbildungsnachweis:

Abb. 1, 3 und 7:	Fotos: Helge Articus
Abb. 2, 16, 20:	Entwurf und Bearbeitung Jürgen Tzschoppe-Komainda / Zeichnung A. Jaron ABR
Abb. 4:	Aus Sigrid Dusek, Teil B, Fototafel IV, 5.
Abb. 5:	Rekonstruktion aus Sigrid Dusek, Teil A
Abb. 6: und 15:	Grafiken aus „Lexikon der Keramik und Töpferei" von Frank und Janet Hammer, Zusammenstellung und Gestaltung Jürgen Tzschoppe-Komainda
Abb. 8:	Foto: Axel Thünker ABR
Abb. 9, 10, 11, 19 und 21:	Foto: Jürgen Tzschoppe-Komainda
Abb. 12 und 13:	Foto: A. Esseling, Vreden
Abb. 14:	Foto: Cornelius Ulpert
Abb. 17:	Sigrid Dusek in Aid 1/1991
Abb. 18:	ABR in A. Heege s.o.

Jürgen Tzschoppe-Komainda

Dipl. Ing. (FH) Grabungstechniker a.D. des LVR-ABR