

Bau und Betrieb historischer Ziegelöfen

Autor(en): **Bönisch, Holger**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ziegelei-Museum**

Band (Jahr): **15 (1998)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-843989>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bau und Betrieb historischer Ziegelöfen

Holger Bönisch

Bau eines Ofens

Der ortsfeste Ziegelofen ist uns als römischer und als mittelalterlicher Ziegelofen bekannt. Er wird in kleinen dörflichen Ziegeleien Italiens auch heute noch benutzt. Für das Backsteinexperiment in St. Urban wurde eine Ofengrösse gewählt, die in etwa der historischen entspricht. Die Herdfläche beträgt zirka 5 m², und der Brennraum hat ein Volumen von rund 9 m³. 1,8 m Brennraumhöhe ist für Ziegeleierzeugnisse normal. Sie ist bei allen ortsfesten Öfen, bis zum modernen Tunnelofen, durch den Besatz

bestimmt, da das erweichende Brenngut bei maximaler Brenntemperatur nur begrenzt belastbar ist. Öfen für anspruchsvolles Brenngut sind bei dieser Grösse meist mit zwei Feuerungsöffnungen versehen. Der Abstand zwischen den Feuerbrücken hängt ebenfalls vom Brenngut ab. Römische Öfen sind sowohl für den Brand von Terrakotten als auch von grossformatigen Dachziegeln vorgesehen. Dieser Besatz weist selber relativ kleine freie Querschnitte auf und erfordert ein geringes Rauchgasvolumen, so dass eine Lochtenne als Herd ausreicht.



Abb. 1
Ofen des
Backstein-
experiments
in St. Urban

Massenintensives Brenngut wie Backsteine hingegen gestattet grosse Auflagerabstände, fordert aber gleichzeitig relativ grosse freie Querschnitte für den Durchsatz grosser Rauchgasmengen.

Der Brennraum und das Brenngut erhalten eine Abdeckung, die auf dem Besatz lastet. Zum Abdecken können beispielsweise Dachziegel verwendet werden. Um historischen Öfen auch in der handwerklichen Fertigung nahezukommen, wurden in St. Urban keine Formsteine, sondern ausschliesslich rechteckige Formate – auch in den Gewölbebögen – mit relativ starken Fugen verarbeitet.

Der für das Experiment errichtete Ofen steht in Abweichung von historischen Gepflogenheiten oberhalb des Geländeneiveaus, weil am zugewiesenen Standort mit Grundwasser und Überschwemmungen gerechnet werden musste. Früher waren derartige Öfen grundsätzlich in das Gelände eingetieft. Vorzugsweise wurden sie in Hanglage errichtet, und der anstehende Lehm wurde häufig in den Baukörper einbezogen, vereinzelt wurde sogar die Feuerungsöffnung ausschliesslich in den anstehenden Lehm gestochen. Die Beschickungsöffnung wurde in der Vorderwand angeordnet, um die anderen Seiten ungestört anschütten zu können.

Inbetriebnahme des Ofens

Vor dem Brand wurde der Ofen trockengeheizt, um die Restfeuchte aus dem Baukörper weitestgehend zu eliminieren. Danach wurde das Brenngut eingesetzt. Das Besatzschema wurde so gewählt, dass insbesondere die grossen

St.-Urban-Backsteine allseitig rauchgasumspült waren. Das Ziel beim Betrieb des Ofens ist, die Wärme so zu steuern, dass sie über den ganzen Brennraum verteilt zwischen die Rohlinge hineingetragen wird. Die Randbedingungen der Wärmeübertragung hinsichtlich Rauchgasgeschwindigkeit und Wärmeübergangsfaktor werden durch den Auftrieb der Rauchgase als Funktion der Temperatur und des freien Strömungsquerschnittes im Herd und im Besatz bestimmt. Die kritische Reynoldszahl sollte dabei auch bei Garbrandtemperatur nicht überschritten werden. Um die gewünschte Rauchgastemperatur als Wärmeüberträger vom Brennstoff zum Brenngut zu erzielen, ist die Verbrennung selbst zu steuern. Als Steuergrössen kommen Luftangebot und Verbrennungsgeschwindigkeit sowie Brennstoffmenge in Betracht.

Die Verbrennungsgeschwindigkeit wird wesentlich durch die spezifische Oberfläche des Brennstoffs bestimmt; das heisst je grösser die spezifische Oberfläche (bei Holz beispielsweise je weiter es aufgespalten ist), desto schneller kann die Reaktion ablaufen und desto grösser ist die freigesetzte Wärmemenge. Die allgemein verbreitete Auffassung, zur Erzielung hoher Temperaturen seien dicke Holzstücke aus festem Holz (zum Beispiel Buche) erforderlich, ist grundsätzlich falsch, denn dickes Holz brennt langsamer ab. Sägespäne, im Wirbelbett verbrannt, erzeugen viel höhere Temperaturen. Für den praktischen und historischen Brennbetrieb bedeutet dies, dass kleine Äste, Reisig, Zapfen, Späne, Abfälle der Gewinnung von Bauholz als Brennstoff besonders geeignet sind.

Temperatur-Zeit-Regime

Das anzustrebende Temperatur-Zeit-Regime wird vom Brenngut und seinen Eigenschaften diktiert.

Stark vereinfacht sind folgende Abläufe und Kriterien besonders zu beachten:

1. Resttrocknung: Die Restfeuchtigkeit ist durch langsame Erwärmung auszutreiben. Dabei darf der Wasserdampfpartialdruck in der Trocknungsebene nie die vom Rohling aufnehmbare Zugspannung überschreiten, weil es sonst zu explosionsartigen Schalenabplatzungen kommen würde. Gleichzeitig müssen sich Restschwindung und Kriechverformung kompensieren, da sonst Trocknungsrisse entstehen.

2. Modifikationsänderungen der Mineralien, insbesondere im System SiO_2 (bei zirka 160–250 °C δ - in α -Tridymit, bei zirka 200–270 °C β - in α -Cristobalit, bei 573 °C β - in α -Quarz, bei 867 °C α -Quarz in α -Tridymit), die jeweils mit Längen- und Volumenänderungen verbunden sind, wobei auch die Anwesenheit von Fremdionen einen Einfluss hat.

3. Die Spannung aus der thermischen Dehnung als Folge der Temperaturdifferenz über den Querschnitt des Rohlings muss immer kleiner als die zulässige Zugspannung des Rohlings bleiben.

4. Temperatur- und Brennatmosfera müssen die thermischen Reaktionen im gesamten Rohling ablaufen lassen, das heisst die rote Brennfarbe als Ergebnis der Oxydation des Eisens im Rohstoff sollte auch in der Mitte des Steines erreicht werden.

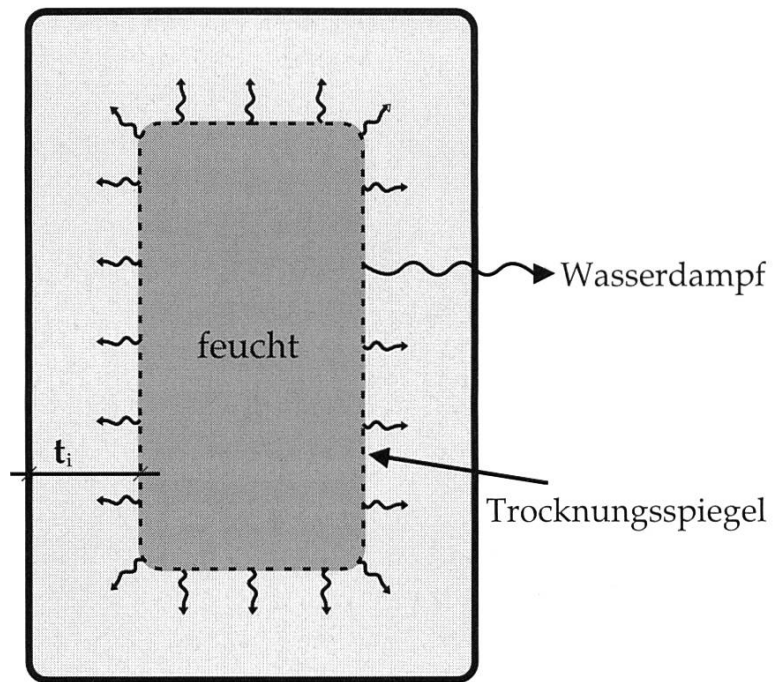


Abb. 2

Resttrocknung des Rohlings im praktischen Ofenbetrieb, Beanspruchung aus Dampfdruck.

Die Differenz des Dampfdruckes (P_s) darf nicht grösser sein als die zulässige Spannung (σ_{zul}). Der Dampfdruck ist abhängig von der Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$), der Schichtdicke (t) und dem Diffusionswiderstand (s).

$$\Delta P_{Si} = f[\Delta\theta; t; s]$$

$$\text{Bedingung: } \Delta P_{Si} < \sigma_{zul}$$

Wärmeausnützung

Die Brennkurve – das heisst die Temperaturänderung über die Zeit – muss all diese Kriterien an jedem Punkt des Brennraumes einhalten. Für den praktischen Betrieb bedeutet dies, dass die Brennkurve durch den ungünstigsten Punkt im Ofen und durch die Unstetigkeiten bei der Temperaturerhöhung (steiler Anstieg der Temperaturkurve) bestimmt wird. Die Ofenkonstruktion ist so gestaltet, dass Feuerbrücken und Herd, beziehungsweise die untersten kleinformatischen Besatzschichten, systemimmanent diese Schwankungen bereits etwas dämpfen. Im oberen Temperaturbereich – nahe der Garbrandtemperatur – wird der mögliche Temperaturanstieg durch die Wärmeübergangswerte begrenzt. Alle genannten Randbedingungen wirken sich zu guter Letzt in der Wärmebilanz aus. Genutzt werden kann nur die Speicher- und Verdampfungswärme.

Beim periodischen Ofen ist die Wärmeausnutzung relativ niedrig, weil Rauchgas bei dem kurzen Weg durch den Ofen nur wenig von seinem Wärmeinhalt an das Brenngut abgeben kann. Ständig muss neues heisses Rauchgas produziert werden. Bei einem Brand von zirka 10–12 Tagen kann am Beispiel des Ofens von St. Urban etwa mit folgenden Werten gerechnet werden:

Nutzwärme zirka 6%,

Wärmeverluste zirka 94%,

davon etwa:

90% Rauchgasverluste,

2,5% Speicherverluste,

1,5% Wanddurchgangsverluste.

Es wird deutlich sichtbar, dass die Wandstärke des Ofens für Wärmeverluste

praktisch bedeutungslos ist. Die entscheidenden Einflussgrössen sind Temperaturvergleichsmässigung über den Querschnitt und die Brennzeit. Je näher die tatsächliche Brennkurve bei der optimalen liegt, desto geringer wird der Energieverbrauch.

Steuerung des Brennprozesses

Der gesamte Prozess wurde früher nach der Temperatur und mittelbaren Anzeichen des Prozessverlaufes gesteuert, zum Beispiel: Wasserdampfgehalt im Rauchgas, Wasserdampf- (besser Nebel-)schwaden, Entzündung von Holzspänen im Besatz, Verhalten von Wasserspritzern an der Vorderwand und an der Schornsteinwange, Eigenstrahlungsfarbe des Besatzes, Verformungen im Besatz. Weil bei dem Rohstoff von St. Urban praktisch keine messbare Brennschwindung auftritt, sind Verformungen erst durch Restschwindung, später durch Erweichung der untersten Besatzlagen verursacht. An solchen Merkmalen hat man sich auch bei der Steuerung des Brennprozesses im Backsteinexperiment in St. Urban orientiert und sich nicht von den Messungen der Naturwissenschaftler irritieren lassen.

Für die Prozessführung insgesamt lässt sich feststellen, dass sich mit der Zunahme der Formatgrösse die Probleme potenzieren. Eine Kompensation ist nur über die Zeit und ein besonders strenges thermisches Regime möglich.

Das Brennergebnis und die Auswertung der gemessenen Werte des Backsteinexperimentes in St. Urban werden zeigen, wie weit wir uns (mit theoretischem Wissen im Hintergrund) den Erfahrungswerten unserer Vorfahren genähert ha-

ben, oder wie weit wir von ihnen entfernt sind. Jede Erkenntnis dazu – und sei es nur die gewachsene Hochachtung und Wertschätzung der damaligen Leistungen – sowie der interdisziplinäre Ansatz der Untersuchung und Wertung sind ein Erfolg. – Das Backsteinexperiment von St. Urban wird auf jeden Fall ein Erfolg.

Résumé

H. Bönisch nous présente ici un texte très technique sur la construction et le fonctionnement des fours de tuiliers. Il s'appuie pour cela sur la cuisson expérimentale des briques réalisée dans un four qu'il a lui-même construit pour l'occasion à St. Urban. Il s'est inspiré d'un four de type médiéval dont la chambre de chauffe

possède deux couloirs de chauffe et mesure 3 x 3 m.

Il décrit ensuite tous les facteurs qui interviennent dans le déroulement d'une cuisson, que ce soient les lois physiques de la combustion (température, durée, régime), les contraintes architecturales du four, les combustibles utilisés, les modifications physico-chimiques des composants des briques (en particulier la transformation minéralogique de l'argile ou la fluctuation alpha-beta du quartz). Durant tout l'article, H. Bönisch met en avant le rôle déterminant du contrôle de la montée en température et de sa chute durant le processus complet de la cuisson pour une cuisson optimale des matériaux de construction en argile cuite.

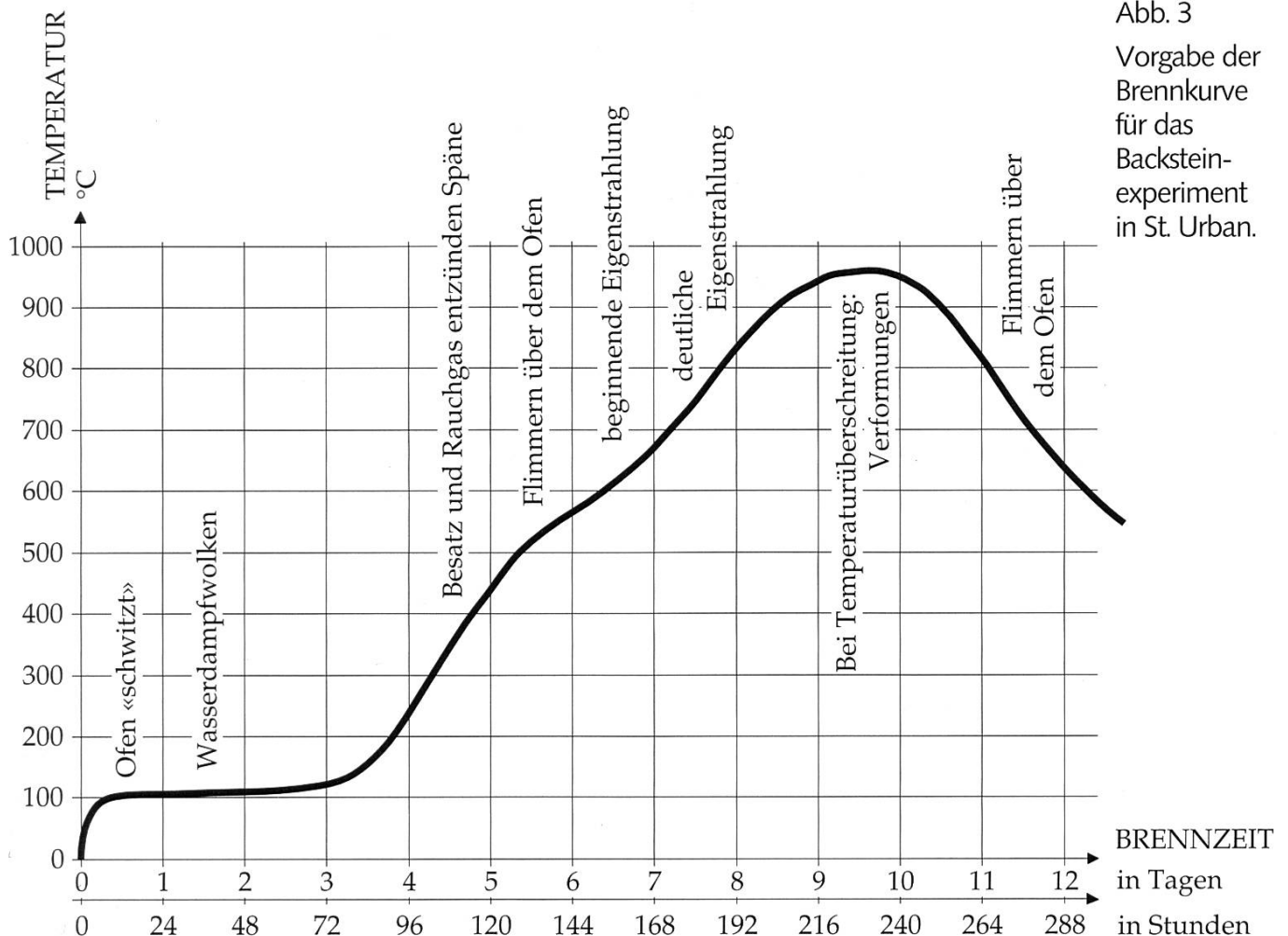


Abb. 3
Vorgabe der Brennkurve für das Backsteinexperiment in St. Urban.

Abbildungsnachweise

Abb.1: Stiftung Ziegelei-Museum Cham.

Abb.2, 3: Vom Verfasser, Umzeichnungen von J.Goll.

Kurzporträt

Holger Bönisch, dipl. Ing. (FH), Ing., Hs. Ing.-Ök., Studium Bauwesen in Leipzig; Hüttenwesen, Fachrichtung Industrieofenbau in Unterwellenborn, Betriebswirtschaft in Magdeburg; Tätigkeit in Forschung, Bau und Betrieb von Industrieöfen, Schwerpunkt Keramik- und Ziegelindustrie, auf dem Gebiet der Denkmalpflege tätig seit 1981, freiberufliches Ingenieurbüro für Bauwesen und Denkmalpflege seit 1992. Bönisch baute den oben offenen Kammerofen des Backsteinexperimentes in St. Urban, errichtete den Feldbrandofen der Ziegelfofentagung und leitete auch die Brände in beiden Öfen.

Adresse des Autors

Ing. Holger Bönisch
Oststrasse 17
D-39114 Magdeburg