

Ziegelbrennerei

Ziegel (Maurerziegel) werden aus Ton, Lehm oder tonhaltigen Massen mit oder ohne Zuschlagstoffe hergestellt. Bestimmte Zuschlagstoffe wie Sägemehl, Papierfangstoff oder Polystyrolkugeln verringern die Rohdichte, während eine Zugabe von schwerem Material diese erhöht. Die verschiedenen Rohstoffe und Zuschläge werden in der Rohstoffaufbereitung über Beschicker entsprechend dosiert und gegebenenfalls auch unter Zugabe von Wasser in Kollergang und Walzwerk zerkleinert und durchmischt. Im Maukturm oder auch Sumpfhaus wird eine gleichmäßige Durchfeuchtung und weitere Durchmischung (Homogenisierung) erreicht.

Nachdem unter Zugabe von Wasserdampf die erforderliche Konsistenz erreicht ist, wird der Lehm unter hohem Druck in einer Strangpresse mit Unterdruck stark verdichtet und über Schneckenwellen durch ein Mundstück gepresst. Das Mundstück gibt vor, welche Form der spätere Ziegel besitzt und ob er ungelocht oder mit einer bestimmten Lochung (Lochbild) versehen, bestimmte Anforderungen zu erfüllen hat.

Durch die **Zusammensetzung des Lehms und die Wahl der Struktur des Lochbildes** lassen sich beispielsweise Parameter wie Druckfestigkeit, Wärme- und Schallschutz des späteren Produktes vordefinieren.

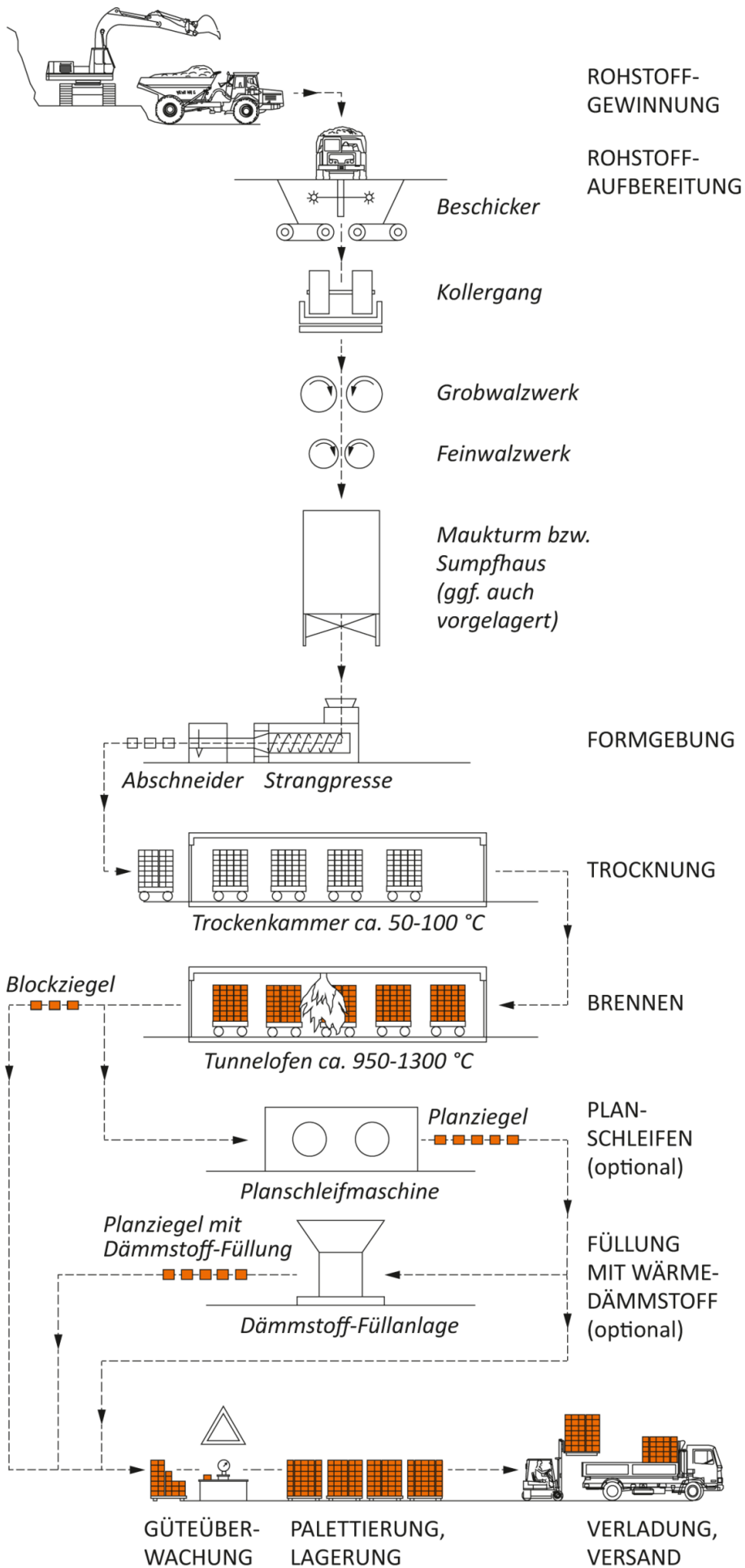
Nachdem der Endlosstrang mit einem Einzel- bzw. Harfenabschneider in einzelne Rohlinge getrennt wurde, werden diese in Kammern über die Dauer von 1 bis 3 Tagen bei Temperaturen von 50 bis 100 °C getrocknet.

Im Tunnelofen werden die Lehmrohlinge über mehrere Temperaturzonen hinweg gebrannt. Hochlochziegel werden bei Temperaturen von etwa 950 bis 1050 °C gebrannt. Bei Temperaturen ab ca. 1100 °C spricht man vom Sintern bzw. Schmelzsintern, bei dem die Oberfläche zu schmelzen beginnt und dem dadurch entstandenen Klinker Eigenschaften wie besonders hohe Druckfestigkeit, besonders geringe Wasseraufnahmefähigkeit, Frostwiderstand etc. verleiht.

Bei Planziegeln, die für die Verarbeitung im Dünnbettverfahren vorgesehen sind, werden nach dem Brennvorgang die Lagerfugen mit einer Genauigkeit von unter einem Millimeter planeben geschliffen.

In einem weiteren Verarbeitungsschritt lassen sich die Eigenschaften plangeschliffener Hochlochziegel durch das Füllen der Luftkammern mit rein mineralischen Wärmedämmstoffen wie Perlite, Mineralfaserdämmstoffplatten oder loser Mineralfaserdämmung hinsichtlich Wärme- und Schallschutz weiter optimieren.

Nach der Güteüberwachung werden Ziegel palettiert, wetterfest mit Folie verpackt, gelagert und verladen.



Optimierung der Stoff- und Energieströme am Beispiel von Durchlauföfen / Wärmebehandlungsöfen - Ziegelöfen

Allgemeine Beschreibung:

Die Wärmebehandlung (Brennen / Sintern) ist ein thermisches bzw. thermochemisches Verfahren zur Behandlung und Veredlung von Werkstücken bzw. Werksprodukten, welches mit Trocknungsprozessen verbunden ist. Während der Behandlung in den Öfen werden die Werkstücke / Rohprodukte mit unterschiedlichen Temperaturen / Temperaturschwankungen bearbeitet, die bestimmte Eigenschaften hervorbringen. Je dichter das Tongefüge ist, desto höher ist z. B. die Brandtemperatur.

In Verbindung mit stofflichen Zusätzen (Additive), die zu einer Variation der Zusammensetzung der zu brennenden / zu behandelnden Werkstücke / Rohprodukten führen oder auch durch Variation des Rohmaterials selbst, z.B. wenn es sich um einen natürlichen Ausgangsstoff wie bei Tonerde handelt, können die Eigenschaften verändert werden.

Um optimale Gebrauchseigenschaften zu bewirken, ist der Prozess (Temperaturen, Luftfaktoren (λ)) entsprechend auszurichten und anzupassen. Im Anschluss an die Wärmebehandlung werden die Werkstücke / Produkte gekühlt.

Im Kühlprozess (Kühlzone) wird die Heißluft abgeführt mit einer Temperatur von ca. 860 Grad und mit Raumluft vermischt und diese auf unter 200 Grad heruntergedrückt, so dass kontinuierlich die Trockneranlagen geheizt werden kann.

In optimierten Anlagen, kann die Kühlenergie zwischen 100 -170 h im Kreislauf verwertet werden, so dass in den Trockneranlagen keine Zusatzenergie zugeführt werden muss, sondern allein die Abluft wird im Trockner verwertet.

Optimierung und Kontextanalyse:

Ausgangspunkt für den Optimizer sind die Ermittlung von spezifischen **Energiekenngrößen** (Energiebedarf und -verbrauch) sowie die Einflussfaktoren in den einzelnen Prozessschritten. Für diverse Industrieprozesse sind Kennleitgrößen abgeschätzt worden, die auf einen optimierten Verfahrensprozess ausbauen. In der Praxis werden diese EKLK kaum erreicht.

Darstellung von Stoff- und Energiekennleitgrößen (EKLK) in den Prozessen:

Rohstoffaufbereitung
Formgebung
Trocknung,
Brennen

1. Rohstoffaufbereitung und Formgebung:

Strombedarf-Elektroenergie:	(Walzenbrecher, Kollergang, Walzwerke, Planscheiben, Schnitzler, Tonhobel, Mischer und Pressanlagen, EKLK ca. 5-10 kWh/t Ziegel)
Wärmeenergie:	Heißformgebung (130°C Heißdampf, EKLK ca. 3-5 kWh/t Ziegel)

2. Trocknung

Strombedarf:	Lüfterantrieb, Wagenbewegung, EKLK ca. 10 kWh/t Ziegel = 50-80 kWh/t Wasser,
Wärmeenergie:	Trocknung, (Senkung des Feuchtegehaltes von 20% auf 1-2%), EKLK ca. 200- 325 kWh/ t Ziegel = 3 - 4,9 MJ/kg Wasser) Abhängig von a) Art der Trocknung, (Durchlauf- oder Kammertrocknung) b) Material/ Format c) Luft- und Temperaturführung im Trockner Feuchtgehalt des Trockenmittels d) Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübertrag des Trockenmittels, Porösität (Materialgüte) e)Wasserspeichervermögen (Transportwagen) f) Art der Stapelung und der Trocknungsströmung g) Umgebungstemperatur h) Trockengutfeuchte

3. Brennen

Strombedarf:	Antriebe, Lüfter, Steuerung, PC, ca. 25 kWh/t gebrannter Ware
Wärmeenergie:	a) Arbeitstemperatur proportional der Brenntemperatur b) spezifischer Massenstrom und Wärmeenergiebedarf c) Brennstoffart / Brennwert d) Anteil der Metalloxide im Rohstoff, je höher CaO und MgO, desto höher ist Energiebedarf (Güte des Keramischen Rohstoffs) e) Bauphysik des Ofens, gute Wärmedämmung, geringe Ofenabstrahlung, Konvektion, (< 1,2 kWh/t Ziegel Aufheizzone, 2,3 kWh/t in Brennzone und 1,2 kWh/t in Kühlzone) f) Abgasmenge

Zusammenstellung der Energiekennleitgrößen

am Beispiel	Mauerziegel	Leichtlochziegel	Klinkersteine
Wärmebedarf:	520- 550 kWh/t	515- 530 kWh/t	700- 720 kWh/t
Elektrobedarf:	40- 45 kWh/t	40- 45 kWh/t	40- 45 kWh/t

inkl. der Verbundwärme von ca 290 kWh/t (Wärme für chemischen Verbund)

Ausgehend von den Kennleitgrößen, werden in den einzelnen Prozessschritten die tatsächlichen stofflichen und energetischen Verbräuche ermittelt.
Im ersten Schritt zur Optimierung wird es erforderlich, die EKLK zu erreichen. Nachfolgend wird weiter optimiert.

4. Allgemeines Optimierungspotential

- a) Senkung der Wärmeverluste an Wandungen der Trockner, Brennaggregate, Rohrleitungen
- b) Senkung der Brennhilfsmittelmassen
- c) regenerative thermische Nachverbrennung
Prozessintegration
- d) Ingenieurstechnische Innovationen wie intermittierender Wagenschub
Decken- und Seitenbefeuerung
Gasdichtheit
Gegenlauföfen, mehrteilige Tunnelöfen
Hochgeschwindigkeitsbrenner
- e) Abwärmenutzung / ORC
- f) drehzahlgeregelte Elektromotoren

Das Optimierungspotential beträgt hier ca. 30%, Energieersparnis.

- g) Senkung der Ausschussrate durch Anpassung von Trocknungs- und Brennwärme an stoff- und formspezifische Erfordernisse, selektiven / stoff- und formspezifisch
differente Trocknung und Brennung bei gleichmäßiger Wärmeverteilung in den Öfen.

Hieraus resultiert eine wesentliche Steigerung der Produktbreite mit gleicher Güte und bei gleichzeitiger Senkung der Ausschussrate.