



Porosierungsmittel in der
österreichischen Ziegelindustrie

Herkunft und Einsatz



POROSIERUNGSMITTEL IN DER ÖSTERREICHISCHEN ZIEGELINDUSTRIE

Herkunft und Einsatz

Birgit Walter
Maria Tesar



Projektleitung

Birgit Walter

Autorinnen

Birgit Walter

Maria Tesar

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Ute Kutschera

Umschlagfoto

© Bernhard Gröger

Erstellt im Auftrag des

Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung VI/3

1010 Wien

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>.

Die im Bericht enthaltenen Fotos wurden vom Verband österreichischer Ziegelwerke zur Verfügung gestellt.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf

<http://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2009

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-044-7

INHALTSVERZEICHNIS

	ZUSAMMENFASSUNG	5
	SUMMARY	6
1	EINLEITUNG	7
2	RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND NORMATIVE REGELWERKE	8
2.1	Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002)	8
2.1.1	Ziele und Grundsätze	8
2.1.2	Begriffsbestimmungen	9
2.1.3	Genehmigungs- und Anzeigepflicht für ortsfeste Behandlungsanlagen	9
2.1.4	Behandlungsverfahren	9
2.2	Altlastensanierungsgesetz (ALSAG)	9
2.2.1	Altlastenbeitrag	10
2.2.2	ALSAG-Novelle 2008	10
2.3	Abfallverbrennungsverordnung (AVV)	10
2.4	Verordnung über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung	11
2.5	Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralen einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten (AEV Industriemineralen)	12
2.6	Richtlinie für Ersatzbrennstoffe	12
2.7	ÖNORM S 2108-1: Thermische Behandlung von Abfällen, Teil 1 Anforderungen und Rahmenbedingungen	13
3	ZUSATZSTOFFE IN DER ZIEGELINDUSTRIE	15
3.1	Porosierungsmittel	15
3.1.1	Organische Porosierungsmittel	15
3.1.2	Anorganische Porosierungsmittel	28
3.1.3	Diskussion – Einsatz weiterer Porosierungsmittel in Österreich	32
3.1.4	Internationale Entwicklungen	34
3.2	Magerungsmittel	37
3.3	Wasseradditive	37
3.4	Sinterungsfördernde Zusätze	38
4	BRENNSTOFFE IN DER ZIEGELINDUSTRIE	39

5	ANFALLENDE ABFÄLLE	41
5.1	Abfälle aus der Masseaufbereitung	41
5.2	Abfälle bei der Formgebung	41
5.3	Glasurverluste	42
5.4	Abfälle aus dem Brennprozess	43
5.5	Abfälle bei der Verpackung	43
5.6	Abfälle aus der Abgasreinigung	43
6	ZIEGELPRODUKTION IN ÖSTERREICH	45
6.1	Anlagenliste	45
6.2	Produktionsmengen, Rohstoff- und Brennstoffeinsatz	46
6.3	Beispielhafte Beschreibung des Einsatzes von Porosierungsmitteln in einem österreichischen Ziegelwerk	49
6.3.1	Porosierungsmittel und Qualitätssicherung	49
6.3.2	Anfall von betrieblichen Abfällen	51
7	LITERATURVERZEICHNIS	52

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie wird die derzeitige Situation hinsichtlich der Herkunft und des Einsatzes von Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie beschrieben. Zusätzlich wurde der Abfallanfall in der österreichischen Ziegelindustrie überblicksmäßig erfasst.

Von den 29 derzeit in Österreich bestehenden Anlagen zur Ziegelerzeugung wurden drei Werke (Ziegelwerke der Wienerberger Ziegelindustrie GmbH in Hengersdorf und in Rotenturm/Pinka sowie Ziegelwerk der Tondach Gleinstätten AG in Riedlingsdorf bei Pinkafeld) besucht. Die dieser Studie zugrunde liegenden Ergebnisse basieren auf diesen Anlagenbesichtigungen, auf Literaturrecherchen sowie Beiträgen und Fachgesprächen mit Vertretern der österreichischen Ziegelindustrie.

In Österreich wurden im Jahr 2006 ca. 2,1 Mio. Tonnen Hintermauerziegel bzw. geformte Bauteile für die Erstellung von Wänden und fast 64.000 Tonnen Hohlplatten (Hourdis), Deckenziegel und ähnliche Ziegel aus keramischen Stoffen produziert (WKÖ 2008).

Dabei kommt dem Einsatz von der Ziegelrohmasse beigemischten verschiedenen organischen Porosierungsmitteln große Bedeutung zu. Diese hinterlassen nach dem Brennen Luftporen im Ziegelscherben, was insbesondere zur Erhöhung der Wärme- und Schalldämmung führt. Im Jahr 2005 wurden dafür in erster Linie Papierfangstoffe (109.733 t), Sägespäne (35.811 t) sowie kleinere Mengen an Sonnenblumenschalen, Braunkohle und Polystyrol eingesetzt.

In der Gesamtenergiebilanz nehmen die Porosierungsmittel im Jahr 2005 einen Anteil von 23 % (1,1 Mio. GJ), bezogen auf den Gesamtenergieeinsatz (4,6 Mio GJ, gemittelt über alle Produktgruppen) ein.

Pro Tonne Ziegel werden demnach im Schnitt ca. 1.600 MJ an Brennstoffen und ca. 500 MJ an Porosierungsmitteln eingesetzt.

An Brennstoffen wurden im Jahr 2005 vorwiegend Erdgas (84.335 m³/a), Kohle und Kohleprodukte (8.475 t/a) sowie Heizöl (5.462 t/a) in der österreichischen Ziegelindustrie verwendet.

Die Studie listet auch alternative organische und anorganische Porosierungsmittel auf, die in Österreich derzeit nicht verwendet werden. Deren Einsatz ist laut Aussage von Vertretern der österreichischen Ziegelindustrie gegenwärtig nicht vorgesehen.

International gesehen erfolgt auch in vielen Ländern ein mit Österreich vergleichbarer Einsatz an Porosierungsmitteln in der Ziegelindustrie. Allerdings befassen sich einige Länder – im Gegensatz zu Österreich – auch mit dem Einsatz von Porosierungsmitteln, die zuvor als Abfälle deponiert wurden.

Aus gemeinsamer Sicht der österreichischen Ziegelindustrie und österreichischer Behörden ist der Einsatz dieser teilweise hochbelasteten Abfälle durchaus problematisch, da die Abgasreinigung von Ziegelwerken nicht auf die Minderung von organischen und anorganischen Schadstoffen, wie sie bei der thermischen Behandlung von derartigen Abfällen auftreten, ausgelegt ist.

29 Anlagen in Österreich

Porosierungsmittel

Gesamtenergiebilanz

Brennstoffeinsatz

internationaler Vergleich

SUMMARY

In this study the current situation with regard to the origin and use of pore-forming agents in the Austrian brickmaking industry is described. In addition, an overview is given of waste arisings in the Austrian brickmaking industry.

29 plants in Austria

Of the 29 brickmaking plants currently in existence in Austria, three have been visited (the brickworks of Wienerberger Ziegelindustrie GmbH in Hennersdorf and in Rotenturm/Pinka as well as the brickworks of Tondach Gleinstätten AG in Riedlingsdorf near Pinkafeld). The results upon which this study is based are derived from these plant visits, as well as from literature research and contributions and expert discussions with representatives from the Austrian brickmaking industry.

In 2006 about 2.1 million tonnes of backing bricks and shaped components were produced for the construction of walls and almost 64,000 tonnes of hollow-core floor slabs (Hourdis), roof tiles and similar tiles made of ceramic materials (WKÖ¹ 2008).

pore-forming agents

The use of various organic pore-forming agents that are blended into the raw mixture of bricks is of considerable importance here. These agents leave pores in the clay body, leading in particular to increased levels of thermal and sound insulation. In 2005 primarily paper binding agents (109,733 t) and sawdust (35,811 t) were used for this purpose as well as – in smaller quantities – sunflower seed shells, brown coal and polystyrene.

total energy balance

In the total energy balance for 2005, pore-forming agents have a share of 23% (1.1 million GJ) in relation to the total energy input (4.6 million GJ, averaged over all product lines).

Per tonne of bricks, the average fuel input is about 1,600 MJ, whereas the input of pore-forming agents is about 500 MJ.

fuel input

The fuels used in the Austrian brickmaking industry in 2005 included primarily natural gas (84,335 m³/a), coal and coal products (8,475 t/a) as well as heating oil (5,462 t/a).

The study also gives a list of alternative organic and inorganic pore-forming agents which are currently not in use in Austria and whose use, according to statements from representatives of the Austrian brickmaking industry, is not envisaged at the present moment.

international comparison

At international level, many other countries show inputs of pore-forming agents in the brickmaking industry that are comparable to those in Austria. Unlike Austria however, some countries have looked into the use of pore-forming agents previously disposed of as wastes.

Both the Austrian brickmaking industry and the Austrian authorities share the view that the use of these partially highly polluted wastes is problematic, since the flue gas cleaning systems of brickworks are not designed to reduce the organic and inorganic pollutant levels arising during the thermal treatment of such wastes.

¹ Austrian Federal Economic Chamber

1 EINLEITUNG

Aufgrund der Änderungen der Rechtslage im Abfallbereich kam es in Österreich in den letzten Jahren zu Änderungen in der Entsorgungspraxis vieler Abfallarten. Grundsätzlich verlor in vielen Bereichen die Deponierung zugunsten von alternativen Abfallbehandlungsmöglichkeiten an Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund kommen Abfälle verstärkt auch in industriellen Feuerungsanlagen zum Einsatz. So werden beispielsweise Abfälle in der Zement- sowie in der Zellstoff- und Papierindustrie, in der Holzverarbeitenden und der Sägeindustrie, in Kraftwerksanlagen und in der Metallindustrie genutzt. Vor allem Papierfangstoffe sowie Sägespäne finden in Anlagen zur Ziegelerzeugung Verwendung.

Die Ziegelindustrie war in den letzten Jahren mit geänderten Anforderungen konfrontiert. Im Hinblick auf die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Heizenergiebedarfs von Wohn- und Geschäftshäusern sowie von Industriebauten stieg verstärkt die Nachfrage nach geeigneten Baumaterialien, die eine bessere Wärmedämmung ermöglichen und somit eine Verminderung der Wärmeverluste gewährleisten. Ziegel, die diesen Anforderungen gerecht werden, weisen u. a. ein hohes Maß an Porosität auf.

Im Produktionsprozess wird zur Erzielung hoher Ziegelporositäten eine Vielzahl von organischen und teilweise anorganischen Porenbildnern, sog. Porosierungsmittel, eingesetzt. Sie werden dem Rohton beigemischt, vergasen bzw. brennen während des Brennvorgangs im Ofen aus und hinterlassen im Ziegelton feine Poren. Die in diesen Poren eingeschlossene Luft vermindert die Wärmeleitfähigkeit des Ziegelscherbens. Steigende Ansprüche an den baulichen Wärmeschutz führten zur kontinuierlichen Weiterentwicklung. Lag die Wärmeleitfähigkeit von Ziegeln Anfang 1970 noch bei ca. $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, so haben hochwärmedämmende Ziegel von heute Spitzenwerte von ca. $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Herkunft und den Einsatz von Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie zu erheben und zusammenfassend darzustellen. Neben einer aktuellen Literaturrecherche sollten Daten vor Ort im Zuge von Anlagenbesuchen und von Fachgesprächen mit Vertretern der österreichischen Ziegelwerke sowie der WKÖ erhoben werden. Gemeinsam mit Anlagenbetreibern bzw. mit Vertretern der österreichischen Ziegelwerke sollten alternative Möglichkeiten sowohl bei der Porosierung als auch der Energiebereitstellung in der Ziegelherstellung inklusive der gegebenenfalls auftretenden Grenzen bei deren Einsatz diskutiert und beschrieben werden. Im Zuge dessen sollte auch eine Erhebung der Qualitätssicherungs-Maßnahmen erfolgen. Auf der Grundlage von Gesprächen mit den Stakeholdern sollte weiters eine Abschätzung zukünftiger Entwicklungen gegeben und auf internationale Entwicklungen in diesem Bereich eingegangen werden.

Verwendung von Abfällen in der Industrie

Porosität als Wärmedämmung

Einsatz von Porosierungsmitteln

Ziele der Studie

2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND NORMATIVE REGELWERKE

Im folgenden Kapitel werden überblicksmäßig Regelwerke angeführt, welche für die Ziegelindustrie von unmittelbarer Relevanz sind.

2.1 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002)

Das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) stellt die rechtliche Basis für die spezifischen Fachverordnungen der Abfallwirtschaft dar. Es regelt die Anforderungen an die Genehmigung von Abfallbehandlungsanlagen sowie darüber hinausgehende Anforderungen an jene Anlagen, welche als IPPC-Anlage betrieben werden. Des Weiteren werden im AWG 2002 konkrete Bestimmungen über die Behandlungspflicht von Abfällen (u. a. das Verbot der Deponierung für bestimmte Abfälle ab 1.1.2004 bzw. in Ausnahmefällen ab 1.1.2009) festgelegt.

2.1.1 Ziele und Grundsätze

Gemäß § 1 Abs. 1 ist die Abfallwirtschaft im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass

- u. a. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Depo-
nievolumen) geschont werden,
- bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen
Stoffe kein höheres Gefährdungspotenzial aufweisen als vergleichbare Pri-
märrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und
- nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für
nachfolgende Generationen darstellt.

Nach § 1 Abs. 2, Z 2 sind Abfälle zu verwerten, soweit dies ökologisch zweck-
mäßig und technisch möglich ist und die dabei entstehenden Mehrkosten im
Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig
sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vor-
handen ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung);

Gemäß § 1 Abs. 2, Z 3 sind nach Maßgabe der Z 2 nicht verwertbare Abfälle je
nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische, chemische oder phy-
sikalische Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktions-
arm und ordnungsgemäß abzulagern (Abfallbeseitigung).

2.1.2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses Gesetzes ist „stoffliche Verwertung“ die ökologisch zweckmäßige Behandlung von Abfällen zur Nutzung der stofflichen Eigenschaften des Ausgangsmaterials mit dem Hauptzweck, die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar für die Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten zu verwenden – ausgenommen die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe werden einer thermischen Verwertung zugeführt.

Eine Definition der „thermischen Verwertung“ findet sich in diesem Bundesgesetz nicht.

2.1.3 Genehmigungs- und Anzeigepflicht für ortsfeste Behandlungsanlagen

Gemäß § 37 bedürfen die Errichtung, der Betrieb und die wesentliche Änderung von ortsfesten Behandlungsanlagen der Genehmigung der Behörde. Keiner Genehmigungspflicht unterliegen u. a. Behandlungsanlagen zur ausschließlichen stofflichen Verwertung von nicht gefährlichen Abfällen sowie Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen zur thermischen Verwertung für nicht gefährliche Abfälle mit einer thermischen Leistung bis zu 2,8 Megawatt, sofern diese der Genehmigungspflicht gemäß §§ 74 ff GewO 1994 unterliegen.

Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen zur thermischen Verwertung für nicht gefährliche Abfälle mit einer thermischen Leistung bis zu 2,8 Megawatt bzw. sonstige Behandlungsanlagen für nicht gefährliche Abfälle, ausgenommen Deponien, mit einer Kapazität von weniger als 10.000 Tonnen pro Jahr sind nach dem vereinfachten Verfahren (§ 50) zu genehmigen.

2.1.4 Behandlungsverfahren

Gemäß § 2, Abs. 5, Z 1, Abfallwirtschaftsgesetz 2002 umfasst Abfallbehandlung die im Anhang 2 genannten Verwertungs- und Beseitigungsverfahren. Anhang 2 führt als Verwertungsverfahren u. a. R 1 „Hauptverwendung als Brennstoff oder andere Mittel der Energieversorgung“ und als Beseitigungsverfahren u. a. D 10 „Verbrennung an Land“ auf.

Abfälle sind so zu verwerten bzw. zu beseitigen, dass die menschliche Gesundheit nicht gefährdet werden kann; es sind solche Verfahren oder Methoden zu verwenden, welche die Umwelt nicht schädigen können (siehe Anhang 2).

2.2 Altlastensanierungsgesetz (ALSAG)

Das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) stellt die rechtliche Grundlage für die Erhebung sowie Finanzierung und Durchführung der Sicherung und Sanierung von Altlasten in Österreich dar.

Darüber hinaus enthält das Altlastensanierungsgesetz Regelungen der bundesweiten Registrierung von Verdachtsflächen sowie der Bewertung der von ihnen ausgehenden Gefährdung. Die Vollziehung des ALSAG liegt im Verantwortungsbereich des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

2.2.1 Altlastenbeitrag

Gemäß § 3 unterliegen dem Altlastenbeitrag

1. das Ablagern von Abfällen,
2. das Verbrennen von Abfällen in einer Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlage im Sinne der Abfallverbrennungsverordnung,
3. das Verwenden von Abfällen zur Herstellung von Brennstoffprodukten, (sowie das Einbringen von Abfällen, ausgenommen hüttenpezifische Abfälle, in einen Hochofen zur Herstellung von Roheisen oder das Verwenden von Abfällen zur Herstellung von Produkten für das Einbringen in einen Hochofen zur Herstellung von Roheisen, ausgenommen hüttenpezifische Abfälle),
4. das Befördern von Abfällen zu einer der o. a. Tätigkeit außerhalb des Bundesgebietes.

Die Abfuhr des Beitrages erfolgt an das Hauptzollamt.

Der Altlastenbeitrag für das Verbrennen von Abfällen, das Herstellen von Brennstoffprodukten aus Abfällen oder das Befördern von Abfällen zu einer beitragspflichtigen Tätigkeit außerhalb des Bundesgebietes beträgt ab 1. Jänner 2006 7,00 € je angefangene Tonne.

Von der Beitragspflicht ausgenommen sind u. a. Rückstände aus dem Betrieb einer Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlage im Sinne der Abfallverbrennungsverordnung, sofern diese Rückstände auf einer Deponie abgelagert oder im Bergversatz verwendet werden.

2.2.2 ALSAG-Novelle 2008

Die letzte Änderung erfolgte mit der ALSAG-Novelle 2008. Anlass dieser Novelle war die Anpassung des Altlastensanierungsgesetzes an die neue Deponieverordnung 2008 (Einführung der neuen Deponie(unter)klassen).

2.3 Abfallverbrennungsverordnung (AVV)

Die Abfallverbrennung-Sammelverordnung dient der Umsetzung der Abfallverbrennungsrichtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die Verbrennung von Abfällen. Artikel 1 dieser Sammelverordnung (= Abfallverbrennungsverordnung) gilt sowohl für Allein- als auch für Mitverbrennungsanlagen und regelt die thermische Behandlung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen. Die Verordnung wurde vom BMLFUW und vom BMWA gemeinsam erlassen und stützt sich auf Abfall-, Gewerbe- und Wasserrecht sowie auf das Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K).

Für neue Anlagen galt die Verordnung bereits ab dem 1. November 2002, bestehende Anlagen mussten bis zum 28. Dezember 2005 an die neuen Bestimmungen angepasst werden.

Die Abfallverbrennungsverordnung legt Anforderungen an den Stand der Verbrennungstechnik, an Eingangskontrollen, Emissionsmessungen und an die Betriebsbedingungen der Anlage fest. Im Anhang der Verordnung werden Emissionsgrenzwerte für (Abfall-)Verbrennungsanlagen (Anlage 1) und Mitverbrennungsanlagen (Anlage 2) vorgeschrieben, wobei bei letzteren zwischen Zementanlagen, Feuerungsanlagen und sonstigen Mitverbrennungsanlagen unterschieden wird.

In Abhängigkeit von der Art der Verbrennungs- bzw. Mitverbrennungsanlage werden Grenzwerte für verschiedene luftverunreinigende Schadstoffe festgelegt. Dabei handelt es sich zum Teil um feste Grenzwerte, zum Teil um Grenzwerte, die nach der Mischungsregel zu berechnen sind. Ziel der Mischungsregel ist eine weitgehende Gleichbehandlung von Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen.

Mit der AVV-Novelle 2007 erfolgte die Umstellung der Emissionserklärungen von (Mit)Verbrennungsanlagen ab einem Abfalleinsatz von zwei Tonnen pro Stunde auf das elektronische Datenmanagement. Die jährlichen Emissionserklärungen müssen damit von den Verpflichteten direkt im Wege des Registers gemäß § 22 AWG 2002 gemeldet werden, wobei Übergangsbestimmungen eingeräumt wurden. Neu ist auch die Verpflichtung der Unternehmen zur Abgabe einer Abfall-Input-Output-Meldung, die als Abfall-Jahresbilanz für die (Mit)Verbrennungsanlagen gilt.

Für das Jahr 2009 ist eine weitere AVV-Novelle geplant, deren Kernstück die Aufnahme der Bestimmungen der Richtlinie für Ersatzbrennstoffe darstellt.

2.4 Verordnung über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung

Die Verordnung über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung gilt für genehmigungspflichtige (bewilligungspflichtige) gewerbliche Betriebsanlagen bzw. Bergbauanlagen, in denen Brennöfen zur Ziegelerzeugung verwendet werden.

Die Verordnung schreibt Emissionsgrenzwerte für staubförmige Emissionen, Schwefeloxide, Fluor, organische Kohlenstoffverbindungen, Stickstoffoxide sowie für anorganische dampf- oder gasförmige Chlorverbindungen vor.

Die festgelegten Emissionsgrenzwerte sind bei kontinuierlichem Betrieb des Brennofens zur Ziegelerzeugung in Voll- oder Teillast (Dauerbetrieb) einzuhalten. Überschreitungen dieser Emissionsgrenzwerte sind bei Inbetriebnahme, Abstellung, Brennstoffumstellungen oder zur Anpassung der Rezeptur an Änderungen der Roh- und Hilfsstoffe zulässig, wenn diese technisch unumgänglich sind.

Der Betriebsanlageninhaber (Bergbauberechtigte) hat in regelmäßigen Zeitabständen von maximal drei Jahren Messungen zur Kontrolle der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte durchführen zu lassen. Die Messwerte sowie die Be-

triebsbedingungen während der Messungen (Betriebszustand, Verbrauch an Brennstoff, Rezeptur) sind in einem Messbericht festzuhalten, welcher bis zur nächsten Messung aufzubewahren ist und den behördlichen Organen jederzeit zur Einsicht vorgelegt werden kann.

Die Brennöfen zur Ziegelerzeugung sind so zu betreiben, dass Papierfaser-schlämme mit einem Chlorgehalt von mehr als 0,1 Masse-% und PVC nicht zu-gesetzt werden.

Abweichungen von den oben angeführten Bestimmungen sind mit Bescheid zu-zulassen, wenn durch besondere Einrichtungen, Verfahren oder Betriebsweisen der gleiche Schutz erreicht wird, wie er bei deren Einhaltung zu erwarten ist.

2.5 Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralen einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten (AEV Industriemineralen)

Diese Verordnung enthält u. a. Bestimmungen für die Einleitung von Abwasser aus Betrieben oder Anlagen zur Herstellung von Grobkeramik (Ziegel, Klinker, Grobsteinzeug, Feuerfestkeramik etc.) und aus deren Abluftreinigungsanlagen in ein Fließgewässer oder in die öffentliche Kanalisation.

In der Anlage C dieser Verordnung werden die Emissionsbegrenzungen für die Herstellung von keramischen Erzeugnissen angeführt. Die angeführten Para-meter werden in allgemeine (Temperatur, Fischtoxizität, abfiltrierbare Stoffe und pH-Wert), anorganische (Schwermetalle, Aluminium, Ammonium, Fluorid, Sulfat) und organische Parameter (CSB, Summe Kohlenwasserstoffe, Phenolindex) untergliedert. Für Einleitungen in ein Fließgewässer gelten gleiche bzw. teilweise strengere Anforderungen als für Einleitungen in eine öffentliche Kanalisation.

Die Emissionswerte sind im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung einzuhalten. Für die Eigenüberwachung und bei mehr als vier Fremdüberwachungen pro Jahr gilt die „4 von 5“-Regel – allerdings mit Einschränkungen.

2.6 Richtlinie für Ersatzbrennstoffe

Die Richtlinie für Ersatzbrennstoffe regelt im Abfallbereich die Anforderungen für den Einsatz derartiger Stoffe in Mitverbrennungsanlagen, wenn sie Abfälle sind. Dem Geltungsbereich unterliegen Anlagen, in denen Abfälle (Ersatzbrenn-stoffe und Ersatzrohstoffe) verbrannt werden.

Die für den Einsatz in Mitverbrennungsanlagen mindestens erforderliche Qualität von Ersatzbrennstoffen hängt dabei von der Art des nachfolgenden thermischen Prozesses ab, wobei unterschieden wird in Anlagen zur Zementerzeugung, Kraft-werksanlagen und sonstige Mitverbrennungsanlagen. Die Richtlinie dient der Orientierung aller Betroffenen, insbesondere Planerinnen/Planern und Anlagen-

betreiben, im Hinblick auf den Einsatz von Ersatzbrennstoffen. Den Behörden wird diese Richtlinie als Unterlage in den Verfahren zur Genehmigung und Anpassung von Anlagen empfohlen.

Für jede der o. a. drei Anlagenarten werden in der Richtlinie jeweils unterschiedliche Grenzwerte für Ersatzbrennstoffe definiert. Die heizwertbezogenen Grenzwerte werden in der Einheit [mg/MJ] angeführt und bestehen jeweils aus einem Wert für den Median und das 80er Perzentil einer Reihe von Untersuchungsergebnissen.

Um die für den Einsatz in der jeweiligen Mitverbrennungsanlage notwendige Einhaltung der Grenzwerte für Ersatzbrennstoffe zu gewährleisten, sind die im Kapitel 7 der Richtlinie „Qualitätssicherung bei Ersatzbrennstoffen“ formulierten Vorgaben einzuhalten. Der Inhaber einer Mitverbrennungsanlage darf Ersatzbrennstoffe nur einsetzen, wenn ein gültiger Beurteilungsnachweis (Kapitel 7.7 der Richtlinie) vorliegt. Die Probenahme und Probenvorbereitung sowie die analytischen Untersuchungen können alternativ auch vom Sammler oder Hersteller von Ersatzbrennstoffen durchgeführt werden.

Die Bestimmungen der Richtlinie für Ersatzbrennstoffe soll noch im Jahr 2009 im Zuge einer Novelle der Abfallverbrennungsverordnung verbindlich gemacht werden.

2.7 ÖNORM S 2108-1: Thermische Behandlung von Abfällen, Teil 1 Anforderungen und Rahmenbedingungen

Die ÖNORM S 2108-1 hat den Zweck, für Abfälle die Möglichkeit einer thermischen Behandlung (z. B. Verbrennen, Pyrolysieren) sowie die dafür notwendigen Anforderungen und Rahmenbedingungen festzulegen. Dabei werden auch die Möglichkeiten einer Behandlung in Produktionsanlagen, Anforderungen an die Abgasreinigung und praktische Hinweise zur Rückgewinnung von Stoffen dargestellt.

Die Ausgabe vom Mai 2006 ersetzt jene aus 1999, die den geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechend überarbeitet und auf Grundlage der neuen Fassung der ÖNORM S 2100 sowie der aktuellen technischen Anforderungen an den Stand der Technik angepasst wurde.

Die thermische Abfallbehandlung kann unterschiedliche Zielsetzungen haben: Abfallbehandlung, Energiegewinnung oder Gewinnung von Stoffen (z. B. Rückgewinnung metallurgisch verwertbarer Stoffe aus der thermischen Behandlung von Shredderabfall oder Reduktionsgas für den Hochofenprozess) sowie Substitution von Rohstoffen oder von Energieträgern. Im konkreten Fall können auch mehrere dieser Zielsetzungen innerhalb einer Anlage relevant sein.

Die in der Norm angeführten Anforderungen zur thermischen Behandlung dienen einer allgemeinen Orientierung, die jedoch nicht die sachverständige Prüfung unter besonderer Beachtung der jeweiligen Verfahrenstechnik und Betriebsweise der thermischen Behandlungsanlage ersetzt.

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Rechtliche Rahmenbedingungen und normative Regelwerke

Für die Zuordnung einzelner Abfälle zu der Vielzahl an technischen Verfahren und Anlagen erweisen sich die Anforderung an die Abgasbehandlung oder gleichwertige prozessintegrierte Maßnahmen als wesentliche Kriterien.

Gemäß dem Stand der Technik dürfen bestimmte Abfälle auch in einzelnen industriellen Produktionsprozessen zur Substitution von Rohstoffen oder Energieträgern eingesetzt werden. Dabei wird u. a. auch die Ziegelproduktion berücksichtigt.

Tabelle 1 listet jene Abfälle auf, welche der Ziegelproduktion zugeordnet wurden – unter Berücksichtigung der Anforderung an die Abluftreinigung.

Tabelle 1: Auflistung der Abfälle, welche der Ziegelproduktion zugeordnet wurden unter Berücksichtigung der Anforderung an die Abluftreinigung. (Quelle: ÖNORM S2108-1).

SN	Bezeichnung	Abluftreinigung					
		1	2	3	4	5	6
12101	Ölsaatenrückstände	0	-	-	-	-	0
12102	Verdorbene Pflanzenöle	0	-	-	-	-	0
17103	Sägemehl und Sägespäne aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz	0	-	-	-	-	-
17104	Holzschleifstäube und -schlämme (aus) nachweislich ausschließlich mechanisch behandeltes(m) Holz, bzw. (aus) behandeltes(m) Holz, schadstofffrei	-	-	-	-	-	-
18401	Rückstände aus der Papiergewinnung (Spuckstoffe) ohne Altpapieraufbereitung	0	0	0	0	-	0
19904	Rückstände aus der Kartoffelstärkeproduktion	-	-	-	-	-	-
19905	Rückstände aus der Maisstärkeproduktion	-	-	-	-	-	-
19906	Rückstände aus der Reisstärkeproduktion	-	-	-	-	-	-
31421	Kohlenstaub	+	0	-	-	-	0
54919	Petrolkoks	+	+	-	0	-	0
57108	Polystyrol, Polystyrolschaum	0	-	-	0	-	0
94802	Schlamm aus der mechanischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung	0	-	0	0	-	0

1..... Feinstaubabscheidung

2..... SO_x-Abscheidung

3..... Halogenid-Abscheidung

4..... Abscheidung bzw. Zerstörung thermisch stabiler organischer Substanzen

5..... Hg-Abscheidung

6..... NO_x-Minderung

+..... erforderlich

-..... nicht erforderlich

0..... im Einzelfall zu entscheiden

3 ZUSATZSTOFFE IN DER ZIEGELINDUSTRIE

Zusatzstoffe in der Ziegelherstellung sind Produktionshilfen oder Mittel, die die Eigenschaften der Produkte – von der Brennfarbe über die Festigkeit bis zu den Wärmedämmeigenschaften – verändern. Dabei handelt es sich entweder um Stoffe, die eigens für die keramische Produktion hergestellt werden – z. B. geschäumtes Polystyrol – oder um Abfälle und Nebenprodukte anderer Fertigungen. Durch den Einsatz von Zusatzstoffen kann eine erhebliche Verminderung des Rohstoffverbrauches und Energieeinsatzes erreicht werden (BMLFUW 2003).

Es kann eine grobe Unterteilung der Zusatzstoffe nach dem Zweck ihres Einsatzes vorgenommen werden. Die Bandbreite reicht dabei von Porosierungsmitteln über Magerungsmittel bis zu Wasseradditiven und Sinterhilfsmitteln.

3.1 Porosierungsmittel

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Qualität von Hochlochziegeln ist die Ziegelindustrie bestrebt, Produkte mit hoher Wärmedämmung und hinreichender Festigkeit zur Verfügung zu stellen. Zur Erzielung einer geringen Wärmeleitfähigkeit wird eine Vielzahl von organischen und teilweise anorganischen Porenbildnern eingesetzt. Diese haben die Aufgabe, ein hohes Maß an Porosität im Ziegelscherben und die Festigkeit steigernde Reaktionen im verbleibenden Scherbengerüst zu erzeugen (RUPPIK 2006).

Grundsätzlich werden Porosierungsmittel nur in der Produktion von Hintermauerziegeln eingesetzt. Die Verwendung von Porenbildnern bei der Produktion von Vormauer- und Dachziegeln ist wegen ihrer unerwünschten Wirkung auf bestimmte Eigenschaften der Ziegel (z. B. Farbe, Dichte) nicht verbreitet (EIPPCB 2007).

**Einsatz bei
Hintermauerziegeln**

Bei der Bewertung von Porosierungsmitteln stehen neben der Einflussnahme auf den Porosierungsgrad die erzielbaren Festigkeiten und Scherben-Wärmeleitfähigkeiten im Vordergrund. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass mit der Scherbenrohichteabsenkung ein Festigkeitsverlust und eine Minderung der Wärmeleitfähigkeit verbunden sind. Von besonderem Interesse sind solche Massemischungen, die bei vergleichsweise hohen Druckfestigkeiten geringe Scherben-Wärmeleitfähigkeiten zeigen.

Grundsätzlich werden entweder organische oder anorganische Porosierungsmittel eingesetzt, wobei aber auch Mischporosierung möglich ist. Als organische Porosierungsmittel haben sich etwa Papierfangstoffe, Sägespäne und Polystyrol bewährt. Anorganische Porosierungsmittel sind z. B. Molererde (Kieselgur), Aluminiumhydroxid oder Perlite.

3.1.1 Organische Porosierungsmittel

Beim Einsatz von organischen Porosierungsmitteln wie Sägespänen, Papierfangstoffen oder Polystyrol, wird die Porosität des Ziegelscherbens im Wesentlichen durch den Abbrand der organischen Bestandteile hervorgerufen. Im Ziegel bleiben kleine Hohlräume an den Stellen zurück, wo sich zuvor die

**Porosierungs-
prozess**

Porosierungsmittel befanden, und bilden den zur Erhöhung der Wärmedämmung gewünschten Porenraum. Der Grad der Porosität wird bei einer einheitlichen Zugabemenge hauptsächlich durch die Partikeldichte und die Höhe des Glühverlustes der Porosierungsmittel bestimmt.

Das Porosierungsmittel kann einen beträchtlichen Anteil in der Formmasse haben. Scherbenrohdichten von beispielsweise 1,50 kg/dm³ können je nach Porosierungsstoffart mit volumetrischen Anteilen von 15–40 % an Porosierungsmitteln erreicht werden.

Wärmebeitrag der Porosierungsstoffe

Beim Brennvorgang der Ziegel liefern die organischen Porosierungsmittel als Nebeneffekt einen Wärmebeitrag. Gemäß Literaturangaben kann der Energiebeitrag durch Porosierungsmittel bis zu 25 % der Gesamtenergie betragen (EIPPCB 2007).

Vermeidung von Schadstoffemissionen

Der Einsatz von Porosierungsmitteln hat einen großen Einfluss auf die Emissionen von Luftschadstoffen bei der Ziegelherstellung. In Hinblick auf die Vermeidung von Emissionen sind folgende Punkte von Bedeutung (EIPPCB 2007):

- Der Einsatz von Rückständen aus der Papierindustrie könnte einen zusätzlichen **Chloreintrag** bewirken. Die Verwendung chlorarmer Rohmaterialien, Brennstoffe und Additive kann die Chloremissionen bedeutend reduzieren. Gemäß Verordnung über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung sind Brennöfen zur Ziegelerzeugung in Österreich so zu betreiben, dass Papierfaserschlämme mit einem Chlorgehalt von mehr als 0,1 Masse-% und PVC nicht zugesetzt werden.
- Die Verwendung von organischen Porenbildnern kann zur Bildung von **organischen Stoffen** und somit steigenden Emissionen an VOC und auch CO in die Luft resultieren. Dabei hängt die Bildung von VOC nicht nur vom eingesetzten Porosierungsmittel, sondern auch von den Bedingungen in der Aufheizzone ab.

In der folgenden Tabelle sind Rohgaswerte in der Ziegelherstellung bei Nutzung unterschiedlicher organischer Porosierungsmittel dargestellt.

Tabelle 2: Rohgaswerte der Ziegelherstellung bei Verwendung unterschiedlicher Porosierungsmittel (in mg/m³) (EIPPCB 2007).

VOC-Komponente	Polystyrol	Sägemehl und Papierfaserreststoffe
VOC als C _{ges}	50–250	50–250
Benzol	1–65	1–5
Phenol	1–5	1–20
Formaldehyd	1–20	5–100
Aldehyde (C1–C4)	1–20	25–180
CO	< 300	< 1.500

Die Bildung von VOC kann durch Umstellung auf anorganische Porenbildner bzw. durch brenntechnische Maßnahmen wie der gezielte Einsatz von Hochgeschwindigkeitsbrennern in der Vorwärmzone, ein optimierter Temperaturausgleich oder eine angepasste Temperaturkurve vermieden werden (BMLFUW 2003).

- Die Minimierung von Stickstoffverbindungen in den Rohmaterialien und Additiven kann die **NO_x-Emissionen** reduzieren.
- Die Verwendung fluorarmer Rohmaterialien und Additive kann die **Fluorid-emissionen** bedeutend reduzieren. Im Fall von fluorreichen Materialien reduzieren die Zugabe von fluoridarmen Additiven zur keramischen Masse (z. B. Sand) oder fluoridarmer Ton die Fluoridemissionen.

Beim Brand besteht die Gefahr, dass die organischen Porosierungsmittel zu schnell verbrennen und dabei das Material so stark erhitzen, dass Sinter- und Schmelzerscheinungen auftreten (RIMPEL & SCHMEDDERS 1996). Aufgrund von lokalen Steilaufheizungen kann es zur Bildung von Rissen und Abplatzern an den Rohlingen kommen. Zudem besteht die Gefahr, dass die frei werdenden Energien im Tunnelofen nicht mehr beherrscht werden können (RUPPIK 2006). Wenn die Porosierungsmittel unvollständig verbrennen, entstehen in den Steinen Kohlenstoffablagerungen als schwarze Kerne (RIMPEL & SCHMEDDERS 1996).

Eine Darstellung von Arten und Mengen an Porosierungsmitteln, welche in den Jahren 2003 bis 2005 in der österreichischen Ziegelindustrie eingesetzt wurden, findet sich in Kapitel 6.2.

Die im Folgenden detaillierter dargestellten organischen Porosierungsmittel finden tatsächlich in der österreichischen Ziegelindustrie Verwendung. Im Anschluss daran werden in Kapitel 3.1.1.2 jene Porosierungsmittel überblicksmäßig angeführt, die lediglich im Ausland großtechnisch zum Einsatz gelangen bzw. deren Eignung als Porosierungsmittel nur grundsätzlich in Versuchen nachgewiesen wurde.

3.1.1.1 Einsatz von organischen Porosierungsmitteln in Österreich

Rückstände aus der Papierindustrie

In Österreich kommen vor allem Papierfangstoffe (Papierfasern, Papierfaser-schlamm) in der Ziegelindustrie zum Einsatz. Papierfangstoffe sind Rückstände, die in den Produktionswässern bei der Papierherstellung in größeren Mengen anfallen und teilentwässert in Form von Filterkuchen vorliegen. Es handelt sich dabei vor allem um Primärschlämme, also um Faserreststoffe (auch Spuckstoffe) aus der Zellstoff- und Papierproduktion. Die Festsubstanz besteht im Wesentlichen aus zu kurzen Fasern, welche nicht mehr für die Produktion verwendet werden können. Weiters sind Kaolin, Kalk, Talkum und Kreide enthalten (RUPPIK 2006).

Papierfangstoffe

Im Allgemeinen werden die Papierfangstoffe lediglich teilentwässert in Form von Filterkuchen an die Ziegelindustrie geliefert. Der Wassergehalt liegt zwischen 40 % und 80 %. Die Feststoffsubstanz besteht zu 50–80 % aus Fasern, der Rest besteht aus Füllstoffen wie Kaolin, Kalk, Talkum und Kreide. Je nach Faserlänge und Auflockerungsgrad werden von RUPPIK (2006) Schüttdichten von 0,15–0,72 kg dm⁻³ angegeben. Aufgrund von unterschiedlichen Anteilen an organischen Bestandteilen und mineralischen Füllstoffen sind Glühverluste von 30–75 % anzutreffen (RUPPIK 2006).

Sofern es sich nicht um Fangstoffe aus der Frischpapier- sondern aus der Altpapierherstellung handelt, sind gemäß KONSORTIUM RESTSTOFFHANDBUCH (1996) eventuelle Schwermetall-Emissionen, toxikologische Auswirkungen auf den Herstellungsprozess und der Freisetzung von Chlor- und Stickstoffverbindungen zu beachten.

Heizwert der Papierfangstoffe

Gemäß UMWELTBUNDESAMT (2003a) weisen „Papierfaserreststoffe“ (Schlämme aus der mechanischen Abwasserbehandlung der Papier- und Zellstoffindustrie und Rückstände aus der Papiergewinnung ohne Altpapieraufbereitung) Heizwerte zwischen $3,10 \text{ MJ kg}^{-1}$ und $3,14 \text{ MJ kg}^{-1}$ auf. Im Rahmen der Ökobilanz Ziegel (Österreich) wird von BRUCK (2004) und IBO (2007) für die Porosierungsmittel Faserreststoff, Faserschlamm, Papierfaserreststoff und Faserstoff mit Heizwerten von $4,5\text{--}6,98 \text{ MJ kg}^{-1}$ TS gerechnet. RODLMAYR (2005) gibt für Papierfangstoffe (die in einem Zementwerk eingesetzt werden) Heizwerte von $2,5\text{--}8 \text{ MJ kg}^{-1}$ an.

Festigkeit des Tons

Durch die armierende Wirkung der Fasern kommt es bei der Trocknung zu verminderter Trockenbruchanfälligkeit. Die für den Brennprozess notwendige Energie reduziert sich um einen Betrag, der etwas geringer ist als der Heizwert des Papierfangstoffs. Die mineralischen Anteile der Papierfangstoffe sind für den Ziegelton meist gut verträglich und wirken grundsätzlich festigkeitserhöhend, so dass der mit zunehmender Porosierung eintretende Festigkeitsabfall der Ziegel teilweise kompensiert wird (KONSORTIUM RESTSTOFFHANDBUCH 1996).

In der folgenden Tabelle sind Literaturwerte für Schwermetallgehalte von Rückständen aus der Papierindustrie zusammengefasst.

Tabelle 3: Schwermetallgehalte in Rückständen aus der Papierindustrie (Literaturwerte).

UMWELTBUNDESAMT (2003a)				EIPPCB (2001)		
Papierfaserreststoffe				Primär-schlamm	Biologie-schlamm	De-Inking-Schlamm
MIN	MAX	MW				
As				1,6	2,3	
Cd	0,01	24	0,2–3,75	< 0,67	< 0,67	0,02–1,54
Cr				24	17	4,8–96,6
Co						
Cu				238	71	64,2–350
Hg	0,01	1,5	0,01–0,41	0,08		0,08–0,89
Ni	0,3	63	9,3–50	5,7		< 10–31,3
Pb	6,6	187	12–65	41	22	9,5–79,4
Zn				141		34,2–1.320

mögliche Schadstoffbelastung der Papierfangstoffe

Während des Aufheizvorganges kommt es zur Bildung von Schwelgasen. Beim Einsatz von Papierfaserschlamm und Papierfangstoffen werden BTX, Formaldehyd, Phenol, Acetaldehyd und Benzol gebildet. Allerdings gibt es dazu wenige Messungen. Weitere Schadstoffe, die im Spurenbereich im Rohgas enthalten sein können sind PAK und PCDD/F. Dabei liegen gemäß BMFLUW (2003) für PAK keine, für PCDD/F nur wenige Messwerte vor. Für PCDD/F liegen die Konzentrationen im Reingas zwischen $0,0001$ und $0,34 \text{ ng TE/Nm}^3$. Bei Einsatz von De-Inking-Fangstoffen traten auch höhere Werte auf. Dabei können PCDD/F entweder durch die Papierschlämme eingetragen oder aus Chlorverbindungen gebildet werden (De-Novo-Synthese).

mögliche Geruchsentwicklung der Papierfangstoffe

Bei der Lagerung von Rückständen aus der Papierindustrie kann es aufgrund von Gärungsvorgängen im Material zu Geruchsentwicklung kommen. Gemäß BMFLUW (2003) sind daher Lagerzeiten von mehr als zwei Wochen für Papierfaserschlamm zu vermeiden. Dem trägt die Ziegelindustrie Rechnung, indem

werkspezifische Maßnahmen (Einhausung und Abluftableitung in den Brennraum, Zusatz von Additiven) gesetzt werden, wobei auch längere Lagerzeiten erreicht werden können. Konditionierung mit Kalziumhydroxid (JUNGE 1994), Kalkmehl oder Kalziumhydrat (KONSORTIUM RESTSTOFFHANDBUCH 1996) werden zur Verminderung der Geruchsentwicklung durch Unterbindung der bakteriellen Gärung empfohlen.

Als maximale Einsatzmenge für Schlämme aus der Papierindustrie und Papierfangstoffe werden 10 Masse-% angegeben (KONSORTIUM RESTSTOFFHANDBUCH 1996). Gemäß RUPPIK (2006) sind Papierfangstoffe jene Porosierungsmittel, bei welchen schon kleine Änderungen an Einsatzmengen (volumetrische Anteile) große Unterschiede in den Scherbenrohdichten ergeben. Je höher der Glühverlust, der Wassergehalt und die Schüttdichte der eingesetzten Papierfangstoffe, desto höher ist der Grad der Porosierung (bei gleicher volumsmäßiger Zugabe; RUPPIK 2006).

Die Zugabemenge wird begrenzt durch die mit zunehmender Porosierung eintretende Festigkeitsabnahme des Ziegels. Ferner führt der Heizwert der Fasern zwar grundsätzlich zu einer Senkung des zum Tunnelofenbetrieb erforderlichen Primärenergiebedarfs, er bewirkt jedoch bei hohen Anteilen eine energetische Überversorgung, die regeltechnisch unbeherrschbar ist und zu Qualitätsverlusten führt.

Folgende Mengen an Papierfangstoff werden in österreichischen Ziegelwerken eingesetzt:

Tabelle 4: Einsatz von Papierfangstoff in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

Papierfangstoffe	2003	2004	2005
[t/Jahr]	82.653	97.986	109.733
[GJ/Jahr]	461.863	548.070	614.731

Der Einsatz von Papierfangstoffen hat sich seit 2003 ausgeweitet. Sie werden heute in den meisten Anlagen zur Produktion von Hintermauerziegeln eingesetzt.

Sägemehl

Sägemehl kann entweder fertig aufbereitet bezogen oder direkt am Standort aus Sägespänen abgeseibt werden. Das Überkorn wird entweder verheizt oder anderweitig entsorgt. Bei einem Trennschnitt von 3 mm kann dieser Anteil bis zu 40 % betragen. Fallweise wird eine innerbetriebliche Sägemehlaufbereitung betrieben (BMLFUW 2003).

Diese Aufbereitungsanlagen bestehen im einfachsten Fall aus einer Mühle, die nach dem Beschicker angeordnet ist. Häufiger verfügen die Anlagen über eine Mühle in Verbindung mit einem Schwingsieb. Hierbei kann das Material erst gemahlen und dann gesiebt werden (der Zerkleinerungsgrad ist höher) oder umgekehrt, erst gesiebt und dann gemahlen werden (die Stromaufnahme der Mühle ist geringer). Im Idealfall kann die Anlage so aufgebaut werden, dass beide Wege wahlweise gefahren werden können. Diese Anordnung ist vorteilhaft, wenn Sägemehl in sehr unterschiedlicher Qualität hinsichtlich Feuchtigkeit und Korngröße angeliefert wird oder der Sägemehlanteil verschiedener Produkte unterschiedlich hoch ist (BMLFUW 2003).

Einsatzmengen an Papierfangstoffen

Aufbereitungsanlagen für Sägemehl

In Österreich gelangt sowohl Sägemehl-„neu“ als auch Sägemehl-„Reststoff“ als Porosierungsmittel zum Einsatz. Sägespäne mit Wassergehalten von ca. 20–40 Masse-%_{feucht} aus Weich- und Hartholz werden in Feinheiten von < 2 mm und < 1mm verarbeitet. Größere Faserlängen können Störungen bei der Herstellung dünnstegiger Ziegel mit hohem Lochanteil bewirken (RUPPIK 2006).

Energieinhalt von Sägemehl

Auf eine Pressdichte von 0,6 kg/l mit 50 Massen-% Wassergehalt konditioniertes Sägemehl werden bis zu etwa 200 l oder 120 kg pro Tonne Ziegelton zugegeben, der Energieinhalt beträgt 9.600 bis 17.000 kJ/kg. Die Einsatzmenge von Sägemehl beträgt in der Praxis ca. 4–5 %, ab 8,3 % wird der Ziegelbrand unbeherrschbar. Die Brennstoffeinsparung liegt bei bis zu 15 % (BMLFUW 2003).

Schadstoffgehalte

Die folgende Tabelle listet typische Chlor- und Schwermetallgehalte von Holzspänen auf.

Tabelle 5: Chlor- und Schwermetallgehalte in Holzstaub und -spänen sowie in Fichtenspänen (Literaturwerte).

	Fichtenspäne*	Holzstaub und -späne**
Cl (% TS)		0,005–0,01
As (mg/kg TS)	2,05	n. n.–0,8
Cd (mg/kg TS)	0,16	n.n.–0,5
Cr (mg/kg TS)	1,38	2–6
Co (mg/kg TS)	0,11	n.n.–0,6
Cu (mg/kg TS)	2,42	3–5
Hg (mg/kg TS)	0,01	n.n.–0,05
Mo (mg/kg TS)	0,39	
Ni (mg/kg TS)	0,18	3
Pb (mg/kg TS)	1,4	1–3
Zn (mg/kg TS)	12,43	50–100

* (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2004)

** (UMWELTBUNDESAMT 2004a)

n. n. nicht nachweisbar, unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze

Bei der Sägemehlaufbereitung können **staubförmige Emissionen** auftreten.

Bei der Porosierung mit Sägemehl sind im Abgas vorwiegend Formaldehyd, Phenol, Acetaldehyd und Benzol zu berücksichtigen. Häufig ist zur Abgasreinigung eine interne oder externe Nachverbrennung erforderlich. Um Emissionen möglichst gering zu halten, kann auch eine Verwendung von Sägemehl aus der Frischholzproduktion ohne Lösemittel und Klebstoffe erfolgen (BMLFUW 2003).

Einsatzmengen an Sägespäne

Die folgende Tabelle zeigt die Mengen an Sägespäne, die in österreichischen Ziegelwerken in aufbereiteter Form eingesetzt werden.

Tabelle 6: Einsatz von Sägespänen in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

Sägespäne	2003	2004	2005
[t/Jahr]	33.551	45.174	35.811
[GJ/Jahr]	404.617	505.162	400.358

Laut Bundesabfallwirtschaftsplan (BMLFUW 2006) gab es im Jahr 2004 folgendes Aufkommen von Holzabfällen.,

Tabelle 7: Aufkommen von Holzabfällen laut Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 für das Jahr 2004 (BMLFUW 2006).

SN	Bezeichnung	Aufkommen 2004 (in t)
17102	Schwarten, Spreißel aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz	620.000
17103	Sägemehl und Sägespäne aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz	1.600.000
17104	Holzschleifstäube und -schlämme	120.000
17114	Staub und Schlamm aus der Spanplattenherstellung	120.000
17211	Sägemehl und Sägespäne, durch organische Chemikalien (z. B. ausgehärtete Lacke, organische Beschichtungen) verunreinigt, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften	9.000
17212	Sägemehl und Sägespäne, durch anorganische Chemikalien (z. B. Säuren, Laugen, Salze) verunreinigt, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften	60

Dabei sind lediglich geringe Mengen bekannt, welche nach Österreich importiert bzw. aus Österreich exportiert wurden:

Tabelle 8: Importe von Holzabfällen nach Österreich gemäß Auswertung der Abfallverbringungsdatenbank (Stand 03.11.2008), in Tonnen/Jahr.

SN/Jahr	2003	2004	2005	2006	2007
17211	3.125	1.950	3.703	1.403	0

Tabelle 9: Exporte von Holzabfällen aus Österreich gemäß Auswertung der Abfallverbringungsdatenbank (Stand 03.11.2008), in Tonnen/Jahr.

SN/Jahr	2003	2004	2005	2006	2007
17102	0	0	0	0	12
17211	145	20	396	18	k. A.

Aus den angeführten Mengen ist zu erkennen, dass nur ein sehr kleiner Anteil des Gesamtaufkommens an Sägemehl und -spänen in der österreichischen Ziegelindustrie verwendet wird.

Österreichweit werden insgesamt 98 % der Sägenebenprodukte in der Span- und Faserplattenindustrie sowie in der Papier- und Zellstoffindustrie eingesetzt. Der Rest der Sägenebenprodukte wird u. a. von den Sägewerken selbst unter Nutzung der Energiegehalte verwertet oder an kommunale Verwaltungen verkauft (BMLFUW 2006).

Polystyrol (Styropor)

Polystyrol wird als eigens für die Ziegelproduktion hergestellte leichte Kügelchen oder als geshreddertes Recycling-Styropor eingesetzt. Geschäumtes Polystyrol wird fallweise in den Ziegelwerken selbst, ausgehend von vorgeschäumtem Granulat durch Erhitzen mit Wasserdampf hergestellt. Polystyrol wird üblicherweise zu maximal 1 Massen-% dem Ziegelton zugesetzt (BMLFUW 2003).

Aufbereitung von Polystyrol

Der Einsatz von Recycling-Polystyrol erfordert eine Aufbereitung der in der Verpackungsindustrie verwendeten Styropor-Formteile. Diese Aufbereitung umfasst Styropor-Mühlen, schnell drehende Schlagmesser (auf eine Korngröße von maximal 5 mm) und Siebmaschinen (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001). Beim Einsatz von recyceltem Polystyrol ist für die gleiche Porosität ein doppelt so hohes Volumen erforderlich (RUPPIK 2006).

Bei der Porosierung mit Polystyrol können temperaturstabile, aromatische Verbindungen der BTX-Gruppe (Benzol, Toluol, Xylole) entstehen. Häufig ist eine interne oder externe Nachverbrennung erforderlich (BMLFUW 2003).

Einsatzmengen an Polystyrol

Die folgende Tabelle zeigt die Mengen des in österreichischen Ziegelwerken eingesetzten Polystyrols.

Tabelle 10: Einsatz von Polystyrol in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

Polystyrol	2003	2004	2005
[t/Jahr]	283	303	181
[GJ/Jahr]	8.841	9.629	4.934

Laut ÖKK (Österreichische Kunststoff Kreislauf AG; www.okk.co.at/stofflich.html) wurden in Österreich im Jahr 2006 insgesamt 126.082 t Kunststoffverpackungen zur Verwertung übernommen, davon waren 1.201 t Polystyrol-Schäume. Hauptsächlich wird extrudiertes Polystyrol aber Wärmedämmputzen und Estrichen beigemischt bzw. zu neuen Verpackungen, Leichtbauteilen oder Gesimsen verarbeitet. Notifizierte Importe bzw. Exporte von Polystyrol liegen nicht vor.

Schalen von Sonnenblumenkernen

Die Schalen von Sonnenblumenkernen, die in der österreichischen Ziegelproduktion eingesetzt werden, sind Reststoffe aus der Ölmühle in Bruck an der Leitha.

BRUCK (2005) beurteilte die ökologische Qualität von mit Schalen von Sonnenblumenkernen porosierten Ziegeln im Vergleich zu Ziegeln, die mit (frischem oder recyceltem) expandiertem Polystyrol (EPS) porosiert wurden. Bei Verwendung von Schalen von Sonnenblumenkernen ergeben sich naturgemäß höhere Beiträge an erneuerbarer Energie aus Altstoffen bei in etwa denselben Emissionen wie bei der Verwendung von Recycling-EPS.

Die folgende Tabelle gibt die Mengen an Sonnenblumenschalen an, die in österreichischen Ziegelwerken Verwendung finden.

Einsatzmengen an Sonnenblumenschalen

Tabelle 11: Einsatz von Sonnenblumenschalen in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

Sonnenblumenschalen	2003	2004	2005
[t/Jahr]	1.313	1.660	1.610
[GJ/Jahr]	23.897	30.212	29.298

Für das Jahr 2008 wurde das Aufkommen an „Ölsaatenrückständen“ (SN 12101) mit 175.000 t abgeschätzt (Domenig 2009, pers. Mitt.). Notifizierte Exporte und Importe wurden nicht verzeichnet. Es wird also nur ein kleiner Anteil an Sonnenblumenschalen in der österreichischen Ziegelindustrie genutzt.

Kohle

Kohletone, Kohle, Kohlenstaub und Steinkohlenwaschberge sind als Porosierungsmittel nur wenig gebräuchlich, da die bei der Verbrennung frei werdende Energie – bezogen auf den erzeugten Porenraum – sehr viel höher ist als z. B. bei Sägemehl oder geschäumtem Polystyrol. Die einsetzbaren Mengen sind daher gering, so dass sich keine hohen Porosierungseffekte erzielen lassen. Energieeinsparungen im Bereich von 20–40 % scheinen möglich (DONDI et al. 1997).

Braunkohle entzündet sich bei ca. 650 °C, wobei sich ihr Wärmeinhalt im Inneren des Scherbens auf diesen überträgt. Wenn jedoch der erforderliche Gasaustausch im Zuge der Verbrennung verzögert oder verhindert wird, können so genannte „schwarze Kerne“ entstehen (BMLFUW 2003).

Davon abgesehen kann es zur Entstehung von Schwelgasen kommen. Häufig ist daher eine interne oder externe Nachverbrennung erforderlich (BMLFUW 2003).

Die folgende Tabelle zeigt die Einsatzmengen an Braunkohle als Porosierungsmittel in österreichischen Ziegelwerken:

Einsatzmengen an Braunkohle

Tabelle 12: Einsatz von Braunkohle als Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

Braunkohle	2003	2004	2005
[t/Jahr]	1.450	1.520	1.932
[GJ/Jahr]	14.500	15.200	19.320

Für das Jahr 2008 wurde das Aufkommen an „Kohlenstaub“ (SN 31421) mit 162.000 t abgeschätzt (Domenig 2009, pers. Mitt.). Notifizierte Exporte und Importe wurden nicht verzeichnet.

3.1.1.2 Weitere organische Porosierungsmittel (in Österreich derzeit nicht im Einsatz)

Die in der Folge angeführten Porosierungsmittel kommen in Österreich nicht großtechnisch zum Einsatz. Ihre Eignung wurde lediglich in Versuchen teilweise im benachbarten Ausland erprobt bzw. sie gelangen im Ausland großtechnisch zum Einsatz.

Maismehlextrudat

Herstellungsprozess

Mais kann als Maisgrieß oder Maisschrot kontrolliert aufgeschäumt und in dieser Form als Porosierungsmittel eingesetzt werden: In einem Extruder wird der im Mais enthaltene Wasseranteil von 12–14 % durch Druck- und Temperaturerhöhung in die Gasphase überführt. Die plötzliche Expansion bei Austritt aus der Extruderdüse führt zum Aufschäumen des Materials. Aus dem Extrudat können Formteile oder Granulate hergestellt werden. Dies wird bereits vereinzelt in der Verpackungsindustrie genutzt (SCHEIL 2002). Auch eine Nutzung als Porosierungsmittel in der Ziegelproduktion wurde bereits untersucht.

Die Materialkosten für dieses Porosierungsmittel sind sehr niedrig. Die Verarbeitung erfolgt zudem ähnlich wie beim Styropor. Auch die keramischen Kennwerte der hergestellten Prototyp-Backsteine wurden positiv bewertet. Im Praxisversuch wurden die Abgase des Tunnelofens während des Brennprozesses von Styropor-Backstein und Mais-Backstein gemessen. Der Benzolgehalt der Mais-Abgase war mit $4,7 \text{ mg/m}^3$ deutlich niedriger als jener von Styropor (13 mg/m^3).

Das Maismehlextrudat für die Porosierung von Ziegeln wird derzeit nur von einer Firma in Deutschland hergestellt (Fa. Loik Biowertstoffe, Dorsten-Lembeck, www.farmfill.de). Das dem Herstellungsprozess zugrundeliegende Maismehl wird als Abfallprodukt der landwirtschaftlichen Maisstärke-Produktion angeliefert.

Vorteile von Maismehlextrudat

KRCMAR (2004) stellte fest, dass mit (15 Vol.-%) Maismehlextrudat porosierte Ziegel eine um ca. 10 % geringere Scherbenwärmeleitfähigkeit haben als die mit frischem Styropor porosierten Ziegeln. Bei Verwendung von Maismehlextrudat ergeben sich einerseits höhere Beiträge an erneuerbare Energie aus Altstoffen und in etwa dieselben geringen Emissionen wie bei der Verwendung von Recycling-EPS. Da die U-Werte entsprechend den Ergebnissen der „Krcmar-Studie“ aber noch etwas günstiger sind als die bei Verwendung von frischem EPS, ist die Anwendung dieser Porosierungsmittel aus Sicht dieser Betrachtung sinnvoll (BRUCK 2005).

EDENHARDER et al. (2001) führten Studien zu Großversuchen durch, aus denen hervorging, dass Maismehlextrudat als Porosierungsmittel für die Produktion hochwärmedämmender Leichthochloch-Ziegel eingesetzt werden kann. Für die Ziegelindustrie von entscheidender Bedeutung ist dabei eine ausreichende und flächendeckende Verfügbarkeit des Extrudats sowie ein zu herkömmlichen Porosierungsmitteln vergleichsweise kostengünstiger Preis.

In Österreich beträgt der Anfall an „Rückständen aus der Maisstärkeproduktion“ (SN 19905) für das Jahr 2008 ca. 132.000 t.

Grasfaserreststoffe

Von HACKL (2003) wurde der Einfluss der faserigen Reststoffe von Luzerne, Klee gras und Weizengras bzw. Hanfschäben (holziger Bestandteil des Stängels der Hanfpflanze) und Lyocellfasern (Cellulosefasern aus Holz) als Porosierungsadditive in der Ziegelindustrie auf die physikalischen Eigenschaften des keramischen Produktes in Einmischversuchen im Ziegellabor Hannersdorf der Wienerberger Ziegelindustrie GmbH untersucht. Als Vergleich dienten Ziegelscherben, welche mit Sägemehl bzw. Papierfangstoff porosiert wurden.

Zur Porosierung wurde 20 Vol-% Additiv eingesetzt, was einen durchaus praktischen Wert darstellt.

Die ziegeltechnischen Kenngrößen, wie Gesamtschwindung, Ausblühungsverhalten und Brennfarbe, zeigten keine relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Probekörpern. Hingegen konnten bei Betrachtung der Scherbenroh-dichten, Druckfestigkeit und der Biegebruchfestigkeit Unterschiede zwischen den einzelnen Probekörpern festgestellt werden.

Diese Tatsache konnte, mit Ausnahme des Papierfangstoffes, auf die unterschiedlichen Masseneinsätze der durchwegs auf Cellulose basierenden Materialien zurückgeführt werden. Es war hierbei ein hoher linearer Zusammenhang zwischen dem Masseneinsatz und der Scherbenroh-dichte erkennbar.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass Grasfasern vergleichbar mit herkömmlichen Porosierungsadditiven sind und ein großtechnischer Einsatz denkbar wäre. Hinsichtlich der preislichen Situation stellen die Grasfasern in Österreich jedoch keine Konkurrenz zu den herkömmlichen Porosierungsmitteln dar.

Bei der Verwendung dieser Grasfasern konnte belegt werden, dass eine Möglichkeit zur Verminderung der Trockenrissgefährdung darin besteht, die Bindigkeit der Masse durch verfilzende Stoffe zu erhöhen. Diese bewirken in der Ziegelmasse eine Verankerung der Tonteilchen. So kommt es bei der Trocknung aufgrund der armierenden Wirkung der feinen Fasern zu einer beachtenswerten Verminderung der Trockenbruchanfälligkeit. Wie Versuche zeigen, erweist sich auch Hanf in diesem Zusammenhang als besonders geeignet (INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. 2008a).

Anwendung ist zu teuer

Bleicherde aus der Lebensmittelindustrie

Bleicherden bestehen aus Bentoniten (sehr feine Tone), die teilweise mit Kieselerde versetzt sind. Sie werden als Filterhilfsmittel bei der Mineralöl-, Speiseöl- und Speisefettherstellung eingesetzt. Sie enthalten nach ihrem Gebrauch bis zu 50 Massen-% Wasser und sind durch Konditionierung mit Kalk teilweise verfestigt. In der Trockensubstanz enthalten sie je nach Herkunft bis zu 50 Massen-% an Ölen oder Fetten, die unter Porenbildung ausbrennen, während die Bleicherde selbst häufig als mineralische Verbesserung des Ziegeltons fungiert. Die Nutzung von Bleicherden in der Ziegelindustrie ist möglich, wird aber nur in seltenen Fällen praktiziert und beschränkt sich dann auf solche aus der Speiseöl- und Speisefettherstellung (JUNGE 2000).

Organische Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie und aus der Textilindustrie

Rückstände aus der Lebensmittelindustrie

Bei der Herstellung von Speisen und Getränken auf pflanzlicher Basis entstehen in manchen Fällen Rückstände, die aufgrund ihrer qualitativen Eigenschaften, der zur Verfügung stehenden Mengen und der Gleichmäßigkeit ihrer Zusammensetzung und Konsistenz als Porosierungsmittel gleichwertig etwa dem Sägemehl sind. Beispiele dafür sind Reishülsen, gemahlene Obstkerne, Rückstände aus der Herstellung löslichen Kaffees, Treber und Trester (JUNGE 2000).

Bei Reisschalen werden optimale Werte bei Beimengungen von ca. 20 Massen-% erhalten (DONDI et al. 1997).

Schwelgase

Bei der Verwendung von Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie als Porosierungsmittel kann es zur Entstehung von Schwelgasen kommen. Häufig ist daher eine interne oder externe Nachverbrennung erforderlich. Bei Geruchsentwicklung erfolgt zudem eine Zugabe von Kalk oder Kalkhydrat (BMLFUW 2003).

Rückstände aus der Textilindustrie

Bei der Herstellung und beim Zuschnitt von Textilien kommt es zu Reststoffen, deren Weiterverwendung in der Textilbranche sehr unökonomisch ist. Diese Reststoffe sind in manchen Fällen zur Nutzung als Porosierungsmittel der Ziegelindustrie geeignet.

Voraussetzung für die Verwendung von organischen Reststoffen sowohl aus der Lebensmittelindustrie als auch aus der Textilindustrie ist, dass die Stoffe in gleichbleibender Zusammensetzung und Konditionierung in großen Mengen anfallen und sich darüber hinaus als unkritisch beim Handling und beim Ziegelbrand erweisen (JUNGE 2000).

Naphthalin

Bei der Verwendung von Naphthalin zur Porosierung entstehen ein besonders homogenes Gefüge und kleine Poren, da anstelle der Ausbrennstoffe eine verdampfende Substanz verwendet wird (RIMPEL & SCHMEDDERS 1996).

Naphthalin hat einen Schmelzpunkt von 80 °C und einen Siedepunkt von 208 °C. Durch Erhitzen der mit Naphthalin porosierten Masse kann das Naphthalin – allerdings mit einem gewissen Verlust – zurückgewonnen werden. Die Zugabe erfolgt dabei gemahlen oder in Form von Perlen (PÖGEL 2006).

Korkreste, Getreidespelzen, Torf, Koksgruß

Laut der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG LEICHTWEIß-INSTITUT (2006) können auch Korkreste, Getreidespelzen, Torf und Koksgruß als Porosierungsmittel in der Ziegelherstellung verwendet werden.

Stroh

Im Europäischen Patent EP19970102716 wird angeführt, dass Faserstoffe wie z. B. Stroh als Porosierungsmittel verwendet werden können.

Sporadisch wurde in den letzten Jahren in einem kleinen österreichischen Ziegelwerk Stroh als Porosierungsmittel eingesetzt.

Kokosfasern

Kokosfasern sind als Porosierungsmittel denkbar. Versuche zeigen, dass bei einer Beimengung von 20 Massen-% Kokosfasern (Heizwert 12.000 kJ/kg) Brennstoffeinsparungen von 17 % erreicht werden können (DONDI et al. 1997).

Altöle

In Forschungsarbeiten konnte gezeigt werden, dass Altöle sich ebenfalls als Porosierungsmittel eignen, wobei Altöl zu nicht mehr als 5 Massen-% dem Ziegelton zugesetzt werden sollte. Bei höheren Massen-% wurden mechanische Beeinträchtigungen des Ziegels und Schwarzkern-Phänomene beobachtet (DONDI et al. 1997).

Klärschlamm

Versuche an der Technischen Universität Graz in Zusammenarbeit mit dem „Ziegelwerk Wolf J. G. KG“ in Graz-Andritz belegten die Eignung von Klärschlamm als Porosierungsmittel in der Ziegelherstellung (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2000).

Klärschlamm weist einen hohen Gehalt an organischen Substanzen auf (30–60 Massen-%), wobei allerdings die Schwermetallkonzentrationen zum Teil beträchtlich über jenen von Sägemehl und Rückständen aus der Papierindustrie liegen. Die organischen Anteile des Klärschlammes verbrennen bei der Herstellung, die mineralischen Anteile verbleiben im Endprodukt. Mit einem Heizwert von ca. 10.000 kJ/kg (trocken) beträgt die Brennstoffeinsparung durch die Verwendung von Klärschlamm als Porosierungsmittel ca. 10–40 %, wobei Mengen von 2–30 Massen-% eingesetzt werden (DONDI et al. 1997).

Die Erforschung des Einsatzes von Klärschlämmen in der Ziegelindustrie verfolgt das Konzept direkter Schlammeinsatz einerseits und Verwendung von Klärschlammasche andererseits. Probleme ergeben sich bei Verwendung des Schlammes u. a. dadurch, dass die herkömmlich zugesetzten Porosierungsmittel in erster Linie Ausbrennstoffe darstellen, ein Blähen ist aus Gründen der geforderten Maßhaltigkeit der Produkte nicht erwünscht. Schwermetalle werden gut eingebunden, allerdings tritt u. a. eine starke Geruchsbelästigung durch Schwelgase im Bereich des Trockners und der Anwärmszone auf, was eine Abgasreinigung erforderlich macht.

Diese Nachteile werden durch den Einsatz der Klärschlammasche umgangen. In der Vergangenheit traten aber Schwierigkeiten aufgrund von (Gips-)Ausbildungen auf. Ursächlich hierfür dürften die hohen Kalkgehalte aufgrund der Konditionierung des Klärschlammes sein (KRAUS et al. 2004).

In der nachfolgenden Tabelle sind typische Werte für die Schwermetallbelastung österreichischer Klärschlämme angeführt:

Schwermetallkonzentrationen

Schwelgase

Einsatz von Klärschlammasche

Tabelle 13: Schwermetallbelastung von Klärschlamm (UMWELTBUNDESAMT 2004b).

Parameter [mg/kgTS]	Mittel	Min	Max
Arsen	7,05	0,36	15,51
Blei	75,56	11,35	582,77
Cadmium	1,30	0,30	3,27
Chrom	53,60	5,80	236,25
Kobalt	9,66	2,60	35,67
Kupfer	215,16	51,50	622,90
Mangan	433,06	0,04	7.100,00
Molybdän	4,59	1,13	10,00
Nickel	32,24	5,10	133,00
Quecksilber	1,09	0,33	2,57
Zink	831,95	86,67	1.948,00

Petrolkoks

Petrolkoks garantiert mit seinem sehr hohen Heizwert von rund 31.000 kJ/kg eine hohe Brennstoffeinsparung und wird von einigen italienischen Ziegelproduzenten in Massen-% von weniger als 2,5 % als Porosierungsmittel verwendet (DONDI et al. 1997).

Paraffin

Paraffin wird dem Ziegelton mit 1–2 Massen-% zugesetzt, wodurch gute Porosierungseigenschaften erreicht werden, allerdings einhergehend mit einer starken Abnahme der mechanischen Festigkeit. Auf die Trocken- und Brennschwindung hat Paraffin allerdings einen positiven Einfluss (DONDI et al. 1997).

3.1.2 Anorganische Porosierungsmittel

Anorganische (mineralische) Porosierungsmittel sind deutlich leichter als Ziegelton und bewahren während des Brandes ihre Struktur. Hierzu gehören etwa Kieselgur (fossile Reste von Kieselalgen) sowie Perlite (geblähtes mineralisches Material), welche beide emissionsfrei porosieren. Die einsetzbaren Mengen liegen bei 10–15 Massen-% (BMLFUW 2003). Andere anorganischen Porosierungsmittel wie Aluminiumhydroxid und SAM-Granulat (Mischung aus Aluminiumhydroxid und Kieselgur) können in einem Volumenanteil von ca. 25–30 % eingesetzt werden. Des Weiteren können Kalksteinmehl, Kreide und Mergelton verwendet werden, die u. a. eine Feinporosierung bewirken und die Fluorwasserstoff- und Schwefeloxidemissionen mindern. Neuere Untersuchungen gehen auch in die Richtung einer Mischporosierung von Ziegelton mit Blähglasgranulat (BMLFUW 2003).

Die Porosierung durch den Einsatz anorganischer Zusatzstoffe beruht auf den unterschiedlichen Eigenschaften und verschiedenen Wirkungsweisen der Porosierungsmittel. Die Eigenporosität einiger Zusatzstoffe und die Gefügebildung durch Umwandlungs- und Neubildungsreaktionen von Mineralphasen führen zur Vergrößerung des Porenraumes. Einige Zusatzstoffe bewirken beispielsweise durch Zersetzungsreaktionen von karbonathaltigen Mineralen eine Mikroporosierung. Da es sich bei den Zusätzen um Stoffe handelt, die keine bzw. nur eine geringe Quellung zulassen und daher als Magerstoffe anzusehen sind, bewirken sie innerhalb der Ziegelrohstoffmischung eine Gefügauflockerung. Durch einige Zusätze tritt eine maßgebliche Erhöhung des Anmachwassers ein. Durch die Abgabe dieser Wassermenge – hauptsächlich durch Verdunsten während der Trocknung – entsteht eine Porenstruktur mit einem vermutlich großen Anteil an Mikroporen. Bei der Betrachtung der möglichen Porosierungseinflüsse muss außerdem berücksichtigt werden, dass einige Zusatzstoffe Reindichten aufweisen, die teilweise erheblich niedriger liegen als die der Ziegelrohstoffe. Dies führt letztlich dazu, dass unabhängig vom Porenvolumen der Scherben leichter wird und hierdurch eine Verminderung der Dichte angezeigt wird (RUPPIK 2006).

Porosierungsprozesse

Durch bestimmte anorganische Porenbildner können technische Schwierigkeiten verursacht werden, weil diese Substanzen die Tendenz haben, sich zu plötzlichen und zu heftig auszudehnen, so dass die Porenbildung schwer zu kontrollieren ist und die Produktqualität sinkt. Dies wird als Grund für Schwierigkeiten bei der Umstellung von organischen zu anorganischen Porenbildnern in der Praxis genannt (EIPPCB 2007).

technische Probleme

3.1.2.1 Perlit (Gesteinsglas)

Perlit, das auch als Gesteinsglas bekannt ist, ist vulkanischer Herkunft und wurde durch unterseeische Vulkane gebildet. Beim Erhitzen auf etwa 1.000 °C wird die Masse zähflüssig und das eingeschlossene Wasser bläht in dampfförmigem Zustand die Schmelze auf ein Vielfaches des ursprünglichen Volumens auf (PÖGEL 2006).

Der Porosierungseffekt von Perlit ist allerdings relativ niedrig. Es hat aber über die Porosierungseigenschaften hinaus eine gute magernde Wirkung und ist in der Lage, überschüssiges Wasser in großen Mengen zu binden (JUNGE 2000).

Im Gegensatz zu Österreich wird in deutschen Ziegelwerken Perlit in großtechnischem Maßstab eingesetzt (GROMKE 2002).

3.1.2.2 Kieselgur (Molererde)

Kieselgur, auch als Molererde bzw. Diatomeenerde bekannt, ist ein fossiler Rest von Kieselalgen und porosiert emissionsfrei. Die einsetzbaren Mengen liegen bei 10–15 Massen-% (BMLFUW 2003).

Kieselgur setzt sich im Wesentlichen aus Montmorillonit, Glimmer und Chlorit zusammen, die in Summe ca. 65 Masse-% ausmachen. Kaolinit ist mit weniger als 3 Masse-% vorhanden.

Als magernde Komponenten sind neben Quarz mit 2 Masse-% überwiegend Feldspat mit 20–30 Masse-% zu nennen. Des Weiteren ist Kalzit mit einem geringen Anteil von 1,0 Masse-% vertreten. Die Molererde ist in der Lage, vergleichsweise hohe Wassergehalte aufzunehmen (RUPPIK 2006).

Im Prozess der Ziegelherstellung kommt es bei der Trocknung aufgrund der armierenden Wirkung der feinen Fasern von Kieselgur zu einer deutlichen Verminderung der Trockenbruchanfälligkeit (INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. 2008b).

3.1.2.3 Rückstände aus der Kohleverbrennung

Flugasche Laut der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG LEICHTWEIß-INSTITUT (2006) kann Flugasche aus Kraftwerken als Porosierungsmittel in der Ziegelherstellung verwendet werden. Auch das UMWELTBUNDESAMT DESSAU (2001) betont die Möglichkeit der Verwendung von Flugaschen als Porosierungsmittel in der Ziegelfertigung. KRAKOW (2006) schätzt die Porosierungseigenschaft dieser Abfälle allerdings weniger hoch ein.

Flugaschen wirken als mineralischer Zusatz häufig sinterungsfördernd, während die anhaftenden unverbrannten Kohlenstoffanteile Energieträger sind und porosierend wirken. Organische Spurenbestandteile (z. B. PAK, PCDD/PCDF) werden dabei eingetragen (BMLFUW 2003).

Grobasche Laut Bundesabfallwirtschaftsplan (BMLFUW 2006) wird in Österreich Grobasche aus der Kohleverbrennung zum Teil in der Ziegelindustrie verwertet (Flugaschen finden hingegen hauptsächlich in der Baustoffindustrie Verwendung.) Das Aufkommen von Kohleasche (SN 31305) im Jahr 2004 wurde mit 67.000 t angegeben.

In der folgenden Tabelle findet sich eine Aufstellung der chemischen Analyse von Kohlegrobasche.

Tabelle 14: Chemische Analyse von Kohlegrobasche (nach UMWELTBUNDESAMT 2003b).

Parameter	Voitsberg, Dürnrrohr 1, Mellach
TOC	7,9 % TM
GV	10–40 % TM
Chlorid	< 0,01 % TM
As	5–8,8 mg/kg
Pb	9–9,9 mg/kg
Cd	n. m.
Cr	127–204 mg/kg
Co	44 mg/kg
Ni	94–215 mg/kg
Hg	n. m.

TM..... Trockenmasse

n. m..... nicht messbar

3.1.2.4 Aluminiumhydroxid

Aluminiumhydroxid, das in einzelnen Versuchen als Porosierungsmittel in der Ziegelproduktion eingesetzt wurde, fällt bei der Aluminiumveredelung an. Es wird zum Zweck der Entsorgung gefällt, ausgeflockt und durch Filterpressen entwässert. Das so behandelte Material beinhaltet im Wesentlichen Aluminiumoxid (Al_2O_3) in Anteilsmengen von 40–60 %. Die Gehalte an Sulfat und Phosphat treten in großen Konzentrationsspannen auf, wobei diese Begleitstoffe mit bis zu 20 Masse-% vertreten sein können (RUPPIK 2006).

3.1.2.5 Künstliche Mineralfasern

Unter dem Oberbegriff "Künstliche Mineralfasern" (KMF) werden alle anorganischen Synthesefasern und mineralischen Wollen zusammengefasst. Hierzu zählen etwa Glas-, Stein- und Schlackenwollen sowie keramische Wollen, Textilglasfasern sowie ein- und polykristalline Fasern.

KMF-Abfälle werden gemahlen, von Störstoffen befreit (Windsichter, Magnetausscheidung, Sternwellensieb) und dann mit Tonmineralen (Kaolinit und Illit) und natürlichen Bindemitteln (Gelatine, Melasse) vermischt.

Die Verwendung als Porosierungsmittel in der Ziegelherstellung führt auch zu Verbesserungen der Struktur der Ziegel. Die Mineralfasern unterstützen die keramische Bindung im Ton, da es beim Brennvorgang zur Bildung einer Glasphase kommt. Außerdem hat die Faser eine armierende Wirkung im Ziegel, d. h. die Trockenbruchfestigkeit wird erhöht.

3.1.2.6 Mikrohohlkugeln/Hohlkugelkorund/Vermiculit

Diese drei Stoffe wurden in einzelnen Versuchen als Porosierungsmittel in der Ziegelproduktion eingesetzt.

Mikrohohlkugeln entstehen aus Flugasche in Kraftwerken bei der Verbrennung von fein gemahlener Kohle. Sie werden in verschiedenen Größen angeboten. Bei Schüttgewichten von etwa 0,4 g/cm schwankt der Durchmesser zwischen etwa 2 und 500 μm . Der Zusammensetzung nach sind sie Aluminiumsilikate mit sehr hohen Schmelzpunkten bis zu etwa 1.600 °C. In der Gießmasse als Leichtschamotte mindern sie den Bedarf an Wasser (PÖGEL 2006).

Mikrohohlkugeln

Kugelkorund wird großtechnisch seit etwa 30 Jahren durch Verblasen eines Gießstrahls von flüssigem Korund unter reduzierenden Bedingungen mittels Pressluft oder Dampf hergestellt. Dabei entstehen Hohlkugeln mit einem Durchmesser von bis zu 5 mm. Verwendet wird der Hohlkugelkorund überwiegend als feuerfester Stoff, da er aufgrund der in den Kugeln eingeschlossenen Lufträume eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Eine weitere Anwendung findet der Hohlkugelkorund als Filtermedium für heiße und chemisch aggressive Gase und Flüssigkeiten. (Patent DE102005045180B4 vom 15.11.2007. www.patent-de.com).

Kugelkorund

Vermiculit ist ein eher selten vorkommendes Mineral aus dem Bereich der Schichtsilikate. In einem thermischen Prozess wird Vermiculit durch das spontane Austreiben des im Mineral gebundenen Wassers auf das 15- bis 25-fache des Ausgangsvolumens ausgedehnt (RIMPEL & SCHMEDDERS 1996).

Vermiculit

3.1.2.7 Kalksteinmehle, Kreide und Mergelton

Diese drei Stoffe dienen der Veränderung des Brennverhaltens, der Produktfestigkeit, der Feinstporosierung sowie der Bindung von Fluor und Schwefel (BMLFUW 2003).

Der Einsatz von Kalkmehl kann auch aufgrund der günstigen Kornverteilung bzw. ihrer chemischen Zusammensetzung zu verbessertem Sinterverhalten und gesteigerten Endproduktqualitäten führen (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

3.1.3 Diskussion – Einsatz weiterer Porosierungsmittel in Österreich

Zur Diskussion des Einsatzes weiterer Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie wurden unter Bezug auf die ÖNORM S 2108-1 Fachgespräche mit Vertretern der Ziegelindustrie und der WKÖ geführt. Wie bereits in Kapitel 2.7 angeführt, wurden in der ÖNORM S 2108-1 bestimmte Abfälle aus einzelnen industriellen Produktionsprozessen zur Substitution von Rohstoffen oder Energieträgern aufgelistet. Jene, welche der Ziegelproduktion zugeordnet wurden, sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Diese Auflistung beinhaltet auch eine Abschätzung der in Österreich anfallenden Mengen.

Tabelle 15: Auflistung der Abfälle, welche laut ÖNORM S 2108-1 grundsätzlich für den Einsatz in der Ziegelproduktion geeignet wären, eine Abschätzung der jeweils in Österreich angefallenen Mengen sowie die Mengen, die im Jahr 2005 in der österreichischen Ziegelindustrie eingesetzt wurden.

SN	Bezeichnung	Anfall in Österreich [t/a]	Einsatz in der Ziegelindustrie [t/a]
12101	Ölsaatenrückstände (Sonnenblumenschalen)	175.000**	1.610
12102	Verdorbene Pflanzenöle	25**	0
17103	Sägemehl und Sägespäne aus naturbelassenem, sauberem, unbeschichtetem Holz	1.600.000*	35.811
17104	Holzschleifstäube und -schlämme (aus) nachweislich ausschließlich mechanisch behandeltes(m) Holz, bzw. (aus) behandeltes(m) Holz, schadstofffrei	120.000*	0
18401	Rückstände aus der Papiergewinnung (Spuckstoffe) ohne Altpapieraufbereitung	9.900**	0
19904	Rückstände aus der Kartoffelstärkeproduktion	170.000**	0
19905	Rückstände aus der Maisstärkeproduktion	132.000**	0
19906	Rückstände aus der Reisstärkeproduktion	k. A.	0
31421	Kohlenstaub (aus Braunkohle)	162.000**	1.932
54919	Petrolkoks	k. A.	0
57108	Polystyrol, Polystyrolschaum	k. A.	181
94802	Schlamm aus der mechanischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung (Papierfangstoff)	k. A.	109.733

* (BMLFUW 2006)

** (Domenig 2009, pers. Mitt.)

k. A. keine Angaben

Wie bereits in Kapitel 3.1.1.1 beschrieben, werden einige der angeführten Rückstände bereits großtechnisch als Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelproduktion eingesetzt. Allen anderen werden nach Aussagen von Vertretern der Ziegelindustrie Österreichs kaum Chancen auf einen Einsatz eingeräumt.

SN 12101 – Ölsaatenrückstände: Sonnenblumenkernschalen werden bereits von einem Werk in Österreich als Porosierungsmittel eingesetzt. An einen weiteren Ausbau wird nicht gedacht.

SN 12102: Der Einsatz von **verdorbenen Pflanzenölen** wird für die Ziegelindustrie nicht angedacht, unter anderem aufgrund der sehr begrenzten verfügbaren Mengen. Möglich wäre ein Einsatz von verdorbenen Pflanzenölen als Brennstoff zur Ziegelerzeugung.

SN 17103 – Sägemehl, Sägespäne werden bereits großtechnisch als Porosierungsmittel eingesetzt.

SN 17104 – Holzschleifstäube kommen nicht zum Einsatz.

SN 18401 – Rückstände aus der Papiergewinnung (Spuckstoffe) werden nicht als Porosierungsmittel eingesetzt, könnten aber eventuell als Brennstoffe verwendet werden. Dabei würden sich gegebenenfalls Probleme hinsichtlich des Wassergehaltes und der Lagerung ergeben.

SN 19904, 19905 19906 – Rückstände aus der Kartoffelstärke-, Maisstärke- und Reisstärkeproduktion könnten theoretisch als Porosierungsmittel eingesetzt werden, wobei die ganzjährige Verfügbarkeit ein Problem darstellen würde, da in Kampagnen geerntet und weiterverarbeitet wird.

SN 54919 – Petrolkoks wurde im Jahr 2005 in Österreich in kleinen Mengen als Brennstoff, nicht aber als Porosierungsmittel eingesetzt.

SN 31421 – Kohlenstaub und **SN 57108 – Polystyrol** werden bereits großtechnisch als Porosierungsmittel eingesetzt.

SN 94802 – Schlamm aus der mechanischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung wird ebenfalls bereits als Porosierungsmittel eingesetzt. Der Einsatz von Schlämmen aus der biologischen Abwasserbehandlung der Zellstoff- und Papierherstellung ist nur bedingt denkbar, da das Problem der Geruchsbelästigung während der Lagerung nur schwer zu beheben wäre.

Von den in der angeführten ÖNORM gelisteten Abfällen abgesehen wurden noch weitere potenzielle Porosierungsmittel mit Vertretern der Ziegelindustrie diskutiert:

- Bei den **Textilfaserrückständen** konnte bislang das Problem der Zerkleinerung der langen Fasern nicht zufriedenstellend gelöst werden.
- **Stroh** wird gelegentlich von einem Ziegelwerk als Porosierungsmittel eingesetzt, wobei es auch in diesem Bereich Probleme mit der Zerkleinerung der Fasern gibt.
- **Trester** wären als Porosierungsmittel denkbar. Ein Problem stellt allerdings die sehr ölhaltige Struktur dieses Materials dar, die dazu führt, dass sämtliche Mühlen bei der Zerkleinerung verklebt werden.

- **Klärschlamm** wird hauptsächlich aus Imagegründen nicht als Porosierungsmittel verwendet. Grundsätzlich soll vermieden werden, dass durch den Einsatz von belasteten Abfällen das positive Image des Produktes „Ziegel“ gefährdet wird. Klärschlamm ist daher künftig weniger als Porosierungsmittel, sondern vielmehr als Energielieferant interessant. Das durch Vergasung von Klärschlamm produzierte, heizwertreiche Gas könnte Erdgas als Brennstoff in der Ziegelindustrie ersetzen (siehe dazu Kapitel 4).

Zusammenfassend sind in der Praxis hauptsächlich folgende Punkte für den Einsatz von alternativen Porosierungsmitteln relevant:

- (ganzjährige) Ressourcenverfügbarkeit in ausreichenden Mengen
- gleichbleibende Qualität
- Korngröße
- Unproblematische Lagerfähigkeit
- Bedarf an Anmachwasser
- Bildsamkeit der Massen
- Trockenriß- und Trockenbruchanfälligkeit
- Brennwertveränderungen der Rohlingsmasse
- Aufheiz- und Kühlverhalten (Auswirkungen auf die Brennkurve)
- Schwindungsverhalten beim Trocknen und Brennen
- Pyrolyseverhalten
- Sinterverhalten
- Auswirkungen auf den Wärmehaushalt
- Wasseraufnahmevermögen
- Scherbenrohichte
- Wärmedämmeigenschaften
- Frostwiderstandsfähigkeit
- Brennfarbe
- Schadgasfreisetzungen
- Eluierverhalten.

Sofern einer der angeführten Punkte nicht entspricht, wird vom Einsatz als Porosierungsmittel abgesehen.

3.1.4 Internationale Entwicklungen

In der Literatur finden sich zahlreiche Beispiele zum Einsatz von Abfällen als Porosierungsmittel in der Ziegelindustrie anderer Länder, wobei es sich zum Teil um Forschungsarbeiten handelt.

Deutschland

In Deutschland existierten im Jahr 2003 ca. 230 Ziegeleien (KRAUS et al. 2004). Die Brennöfen und Trockenkammern werden überwiegend mit Erdgas, teilweise auch mit leichtem und schwerem Heizöl befeuert. Nur in einzelnen Ziegeleien zur Herstellung von Spezialziegeln wird Kohle oder Torf eingesetzt. Auf den Einsatz von Ersatzbrennstoffen zur Feuerung wird komplett verzichtet, Abfälle werden jedoch als Porosierungsmittel eingesetzt.

In Deutschland sind dies im Wesentlichen Sägemehl, Fangstoffe aus der Papierherstellung, Polystyrol, Kraftwerksaschen und Perlit. Der Einsatz von Polystyrol ist aus Kostengründen deutlich zurückgegangen. Für weitere Porosierungsmittel, wie zum Beispiel Biertreber oder Kieselgur, wurden und werden Versuche durchgeführt, der Einsatz konnte sich bisher jedoch nicht durchsetzen. Über die tatsächlich eingesetzte Menge liegen nur grobe Abschätzungen vor. Demnach werden in Deutschland ca. 300.000 t an Porosierungsmitteln verwendet. Die Anteile der einzelnen Porosierungsmittel an der Gesamtmenge sind stark marktabhängig (GROMKE 2002). Ende der 80er-Jahre wurden in Deutschland die ersten Ziegel unter Verwendung von Hafenschlick hergestellt. Hafenschlick, der zur Aufrechterhaltung der Schifffahrtstiefen in den Bremer Häfen gebaggert wird, kann dabei als Rohstoffsubstituent in der Verziegelung eingesetzt werden. Da dieses Baggergut anorganische und organische Schadstoffe enthält, wurde es aus Gründen der Rechtssicherheit als Abfall eingestuft und deponiert. Die Verwendung von Baggergut zur Ziegelherstellung gilt dabei als eine der Alternativen zur Deponierung (LAGER 2000). Shreddersand aus dem VW-SiCon-Verfahren wird in deutschen Ziegelwerken als Zuschlagstoff eingesetzt, wobei dieser aufgrund der hohen Temperaturen im Brennofen komplett verschlackt (SCHÜLKE 2008). Als Magerungsmittel, die den Sinterprozess unterstützen, werden überwiegend silikatische Materialien wie Sand oder Schlacke aus der Kohleverbrennung eingesetzt (KRAUS et al. 2004).

eingesetzte Porosierungsmittel

In Italien wurde die Kombination einer Biogasanlage mit einer Ziegelei erprobt. Die Erzeugung von Biogas aus Biomasse innerhalb einer Ziegelei erlaubt eine erhebliche Reduzierung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe und ermöglicht einen gewinnbringenden Einsatz der festen und flüssigen Fermentationsabfälle als Porosierungsmittel. Die Fermentationsabfälle wurden zu etwa 3 Masse-% als Porosierungsmittel eingesetzt, wobei keine Beeinträchtigungen in der mechanischen Qualität der Ziegel zu verzeichnen waren (MÖDINGER & D'ANNA 2005). DONDI et al. (1997) berichten, dass auch Petrolkoks von einigen italienischen Ziegelproduzenten als Porosierungsmittel verwendet wird.

Italien

In Großbritannien diente die Ziegelindustrie in den letzten 15 Jahren als potenzieller Abnehmer für eine Reihe von Neben- und Sekundär-Rohstoffen sowie Abfällen aus anderen Branchen und Prozessen. Eingesetzt werden vor allem pulverisierte Kohleasche, Schlacken, Rückstände aus der Abwasserbehandlung (Filterkuchen, Klärschlammaschen) und Kohlewaschberge. In jüngster Zeit wurde eine Reihe von Stoffen aus der Chemie-, Verarbeitungs- und Recyclingindustrie als Porosierungsmittel identifiziert, die früher typischerweise deponiert wurden. Da die Deponierung mit immer größeren Schwierigkeiten verbunden ist, sind die Hersteller dieser Materialien auf der Suche nach alternativen Beseitigungswegen. Die britische Ziegelproduktion untersucht in zahlreichen Studien die technischen, ökologischen und finanziellen Auswirkungen des Einsatzes dieser Substanzen (CERAM 2009).

Großbritannien

Die Verwendung von Schwermetall-kontaminierten Abfällen als Zusatzstoffe in der Ziegelproduktion hat sich in Spanien mehr und mehr etabliert. Abfälle wie Gerbereischlämme, elektrische Isolatoröle, Stäube aus der Stahlerzeugung, Klärschlammasche, ausgebagerte Hafensedimente, Erdölschlamm, Kohleasche und Schlacke werden als Ersatzstoffe für die natürlichen Tone in der Ziegelin-

Spanien

dustrie verwendet. ALONSO et al. (2007) sind der Ansicht, dass bei der thermischen Behandlung in der Ziegelherstellung organische Verbindungen im Laufe der Produktion von Ziegeln zerstört und anorganische Schadstoffe in der Silikat-Matrix der Steine immobilisiert werden.

Türkei In der Türkei gibt es Versuche über die mögliche Verwendung von Sägemehl, Tabak-Rückständen und Gras in der Ziegelproduktion. Alle drei Abfallfraktionen fallen in großen Mengen an und eignen sich sehr gut als Porosierungsmittel unter Aufrechterhaltung der mechanischen Eigenschaften der Ziegel (DEMIR 2007). In einer weiteren türkischen Studie wird die mögliche Nutzung der Kraftzellstoff-Produktionsrückstände als Porosierungsmittel in der Ziegelindustrie untersucht. Kraftzellstoff ist ein Zellstoff, der nach einem alkalischen Aufschlussverfahren (Sulfatverfahren) hergestellt wird. Bei der Kraftzellstoffproduktion anfallende kurzfasrige Abfälle wurden bisher nur für landwirtschaftliche Zwecke genutzt. Um die mögliche Nutzung als Porosierungsmittel zu untersuchen, wurden zunehmende Mengen dieser Rückstände (0; 2,5; 5 und 10 Masse-%) dem Rohton beigemischt und gebrannt. Auswirkungen auf die Gestaltung, Plastizität, die Dichte und die mechanischen Eigenschaften wurden im Anschluss untersucht. Einsatzmengen von 2,5 bis 5 Masse-% führten zu Ziegeln mit akzeptablen mechanischen Eigenschaften (DEMIR 2005).

China Eine chinesische Studie befasste sich mit der Wirkung von Aschen aus Müllverbrennungsanlagen als Porosierungsmittel in der Ziegelindustrie. Abgesehen von Analysen auf übliche mechanische Eigenschaften wurden auch Leaching-Tests durchgeführt. Laut den Aussagen des Autors werden sowohl geltende chinesische Schwermetall-Grenzwerte als auch Qualitätsanforderungen an die Ziegel erfüllt (LONG LIN 2006).

Taiwan Große Mengen von Rückständen aus der Frischwasseraufbereitung fallen jährlich in Taiwan an. Diese wurden bislang deponiert; aufgrund der hohen Kosten und der Knappheit an Deponievolumen wurde nach Alternativen gesucht. Der Einsatz in der Ziegelproduktion wurde in Anteilen bis zu 15 Massen-% erprobt. Dabei wurde die praktische Anwendbarkeit dieser Rückstände bei der Herstellung von porosierten Ziegeln nachgewiesen (CHIHPIN HUANG et al. 2005).

Japan In Japan wurden Ziegel aus 100 % Klärschlammmasche teilweise großtechnisch umgesetzt. Die japanischen Verhältnisse lassen sich aber aufgrund der dortigen Sondersituation – die Kommunen betreiben sowohl die Kläranlagen als auch die Ascheverwertung und sind zugleich Abnahmemonopolisten der erzeugten Produkte – nicht ohne Weiteres übertragen (KRAUS et al. 2004).

3.2 Magerungsmittel

Aufgrund der beim Trocknen von Ziegelrohlingen ablaufenden Schwindungsvorgänge kommt es in den Formlingen zu mechanischen Spannungen, die zu Trockenrissen führen können. Trockenrisse werden nicht durch die Schwindung an sich hervorgerufen, sondern durch Schwinddifferenzen. Bei unterschiedlichem Trocknungsfortschritt stellen sich Feuchtedifferenzen im Ton ein. Das Innere des Ziegels besitzt einen höheren Wassergehalt als der Außenbereich, d. h. die Schwindung ist außen weiter vorangeschritten als im Inneren des Rohlings. Der Außenbereich ist bestrebt, sich zusammenzuziehen, wird aber vom Inneren daran behindert. So entstehen im Innenbereich Druck- und im Außenbereich Zugspannungen. Gegenüber Zugspannungen ist ein Rohling wesentlich empfindlicher als gegen Druckspannungen. Wenn diese Spannungen so groß werden, dass sie nicht mehr durch die Bindekräfte der Masse aufgenommen werden können, dann entstehen Trockenrisse.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Trockenrissempfindlichkeit herabzusetzen. Eine davon ist die Verbesserung des kapillaren Wassertransportes. Das geschieht durch den Zusatz geeigneter Magerungsmittel. Sie bestehen im Allgemeinen aus kantigen, mineralischen Teilchen, die von den tonigen feinen Bestandteilen der Masse durch Wasserschichten getrennt sind. So entsteht zwischen den Teilchen der Magerungsmittel und den Tonpartikeln eine Randgängigkeit für das beim Trocknungsvorgang durch die Masse wandernde Wasser. Dadurch werden der Feuchteausgleich innerhalb des Rohlings begünstigt und die Rissgefährdung herabgesetzt.

Als mineralischer Zusatz zum Ziegelton wird am häufigsten Quarzsand eingesetzt. Dieser dient der Magerung von fetten Tonen und wird deshalb gegenüber anderen Magerungsmitteln bevorzugt, weil Quarzsande oft in werksnahen Vorkommen leicht verfügbar oder relativ preiswert sind (JUNGE 2000).

Vielfach werden auch Natursteinmehle und -sande in der Ziegelindustrie verwendet. Diese fallen bei der Herstellung von Natursteinen an (in Deutschland in Mengen von mehreren Mio. Tonnen pro Jahr). Auch Kalkstein- und Kreidemehle sind stark verbreitete mineralische Zusatzstoffe in der Ziegelindustrie.

Als Magerungsmittel können weiters Gießereialsande, Schlackenhüttensande, Glasmehl sowie Trinkwassersedimente eingesetzt werden (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

Im Rahmen einer Forschungsarbeit wurden Porphyr, Lava sowie Basalt als magernde Zusatzstoffe eingesetzt (INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. 2008b).

Trockenrissebildung

Zusatz von Magerungsmitteln

Quarzsand

Steinmehl

3.3 Wasseradditive

Wasseradditive erlauben eine Reduzierung der Oberflächenspannung des Anmachwassers und eine Immobilisierung von störenden, freien Kationen (EIPPCB 2007).

Die gebräuchlichsten Wasseradditive sind Tenside. Bei ihnen handelt es sich hauptsächlich um natrium- oder kaliumhaltige Salze und organische Verbindungen. Durch den Einsatz von Tensiden soll die Oberflächenspannung des An-

Tenside

machwassers herabgesetzt oder der Tonaufschluss begünstigt werden, so dass es zur Bildsamkeitsverbesserung der Ziegelrohstoffe kommt. Die Zugabemenge ist derartig gering (0,5–1 Massen-%), dass sich keine messbaren Auswirkungen auf die Vorgänge beim Ziegelbrand ergeben. Das Formgebungs- und Trocknungsverhalten kann hingegen beachtlich beeinflusst werden, was im Endeffekt zu nennenswerten Einsparungen im Anmachwassergehalt und damit der zur Trocknung benötigten Energie beiträgt (JUNGE 2000).

Die Menge des benötigten Anmachwassers hängt hauptsächlich von der Zusammensetzung des Tonminerals und auch von der Korngrößenverteilung ab.

Wassersparende Zusätze bestehen auch aus feuchten Produkten mit anorganischen Maskierungsmitteln, aus Komplexbildnern oder aus Huminaten (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

3.4 Sinterungsfördernde Zusätze

Eine Möglichkeit, den Energieverbrauch zu vermindern, besteht im Einsatz von Sinterhilfsmitteln, die eine Herabsetzung der Brenntemperatur und der Haltezeit ermöglichen (BMLFUW 2003).

Dies wird durch den Zusatz von hoch reaktiven Sinterhilfsmitteln, wie erdalkali- und alkalireichen Zusätzen und Glasbildnern erreicht. Dabei ist eine Reduzierung der Garbrandtemperaturen von bis zu 50 K möglich. Die Nutzung von solchen Sinterhilfsmitteln erhöht allerdings wegen ihres hohen Gehaltes an Alkalikarbonaten die CO₂-Emissionen (EIPPCB 2007).

4 BRENNSTOFFE IN DER ZIEGELINDUSTRIE

Als Brennstoffe zur Befuerung der Brennaggregate werden in Österreich in erster Linie Erdgas, Flüssiggas (Propan und Butan) und Kohle verwendet. Die Verwendung von Heizöl als Brennstoff spielt eine eher untergeordnete Rolle.

Die Umstellung des Brennprozesses von Heizöl S oder festen Brennstoffen auf gasförmige Brennstoffe (Erdgas, Flüssiggas (Propan/Butan) und auch verflüssigtes Erdgas) führte zu einem höheren feuerungstechnischen Wirkungsgrad und der nahezu vollständigen Vermeidung von Rußemissionen in vielen Prozessen. Gasbrenner eignen sich für hochentwickelte automatische Steuerungseinrichtungen, die zu Energieeinsparungen und reduziertem Ausschuss von gebrannter Ware und folglich zu einem reduzierten spezifischen Energieverbrauch führen. Auch der Einsatz von Heizöl EL anstelle von Heizöl S kann die Rußemissionen aus Brennprozessen reduzieren.

**Reduktion der
Rußemissionen**

Der Einsatz von Erdgas, Flüssiggas (Propan/Butan), verflüssigtem Erdgas oder Heizöl EL anstelle von Heizöl S oder festen Brennstoffen führt wegen des niedrigeren Schwefelgehaltes zu einer Reduktion der brennstoffbedingten SO₂-Emissionen.

**Reduktion der SO₂-
und CO₂-Emissionen**

Erdgas, Flüssiggas (Propan/Butan) und verflüssigtes Erdgas haben ein höheres Wasserstoff-/Kohlenstoff-Verhältnis als Heizöle oder feste Brennstoffe, so dass sie bei gleicher Wärmeleistung weniger Kohlendioxid produzieren (etwa 25 % weniger CO₂ im Fall von Erdgas) (EIPPCB 2007).

In Abhängigkeit vom hergestellten Produkttyp ist ein Brennstoffwechsel nicht immer möglich. Zum Beispiel können bestimmte Typen speziell gefärbter Vormauerziegel nicht allein mit Erdgas, sondern nur unter zusätzlichem Zufeuern von Kohlenstaub hergestellt werden.

In Österreichs Ziegelproduktion werden auch alternative (sekundäre) Brennstoffe organischen Ursprungs eingesetzt. So wurden etwa in einem Ziegelwerk Destillationsrückstände aus der Biodieselerzeugung verwendet (UMWELTBUNDESAMT 2007). Ein anderes österreichisches Ziegelwerk erzeugt die für die Produktion notwendige Energie aus Sägespänen.

In der österreichischen Ziegelindustrie sank von 1996 bis 2004 der Anteil an nicht erneuerbaren Brennstoffen deutlich. Der Grund hierfür liegt im Trend zu besseren Wärmedämmeigenschaften (kleineren U-Werten) der produzierten Ziegel. Dies führte zu einem höheren Anteil an Porosierungsmitteln im Endenergieverbrauch – der bis zu 30 % der erforderlichen Gesamtenergie ausmachen kann – und damit zu einem niedrigeren Anteil an fossilen Brennstoffen. Der Mittelwert des Endenergieverbrauchs der österreichischen Ziegelwerke betrug im Jahr 2007 599 Wh/kg, wovon etwa 73 % auf nicht erneuerbare Brennstoffe entfielen. Der Anteil an Porosierungsmitteln belief sich 2007 auf rund 27 %, der überwiegende Teil davon waren Reststoffe (siehe Tabelle 16). Der Anteil der elektrischen Energie lag im Jahr 2007 bei 7,3 % (IBo 2007).

**Energieverbrauch
der Ziegelindustrie**

Tabelle 16: Energieverbrauch in österreichischen Ziegelwerken (IBo 2007).

Endenergieverbrauch [WH/kg Produkt]	1996	2004	2007
Mittelwert Endenergie (gesamt)	585 (100 %)	566 (96,67 %)	599 (102 %)
Mittelwert Endenergie ohne Reststoffe	510 (87,14 %)	395 (69,84 %)	436 (72,8 %)
Mittelwert Endenergie Reststoffe	75 (12,86 %)	171 (30,16 %)	164 (27,4 %)

Eine genaue Aufschlüsselung der Arten und Mengen von Brennstoffen, welche in den Jahren 2003 bis 2005 in der österreichischen Ziegelindustrie eingesetzt wurden, findet sich in Kapitel 6.2.

**alternative
Brennstoffe**

Für zukünftige Entwicklungen wird innerhalb der Ziegelindustrie verstärkt nach Alternativen zu den derzeit eingesetzten Brennstoffen gesucht. Eine Möglichkeit wäre, durch Vergasung von Klärschlamm, Hausmüll, Kunststoffen etc. heizwertreiche Gase als Erdgas-Ersatz zu produzieren. Angedacht wird die Ansiedlung von Unternehmen zur Vergasung im engeren Umkreis der Ziegelproduktionsstandorte. Konkret gibt es derzeit allerdings noch kein Projekt in Österreich.

5 ANFALLENDE ABFÄLLE

Generell fallen im Bereich der Ziegelproduktion sowohl **Schlämme** (aus der Aufbereitung und Wasserreinigung, Glasurschlämme, Gippschlämme, Schleifschlämme) als auch feste Abfälle als Prozessverluste an:

Feste Abfälle fallen bei folgenden Prozessschritten an:

- Masseaufbereitung
- Formgebung
- Oberflächenbehandlung
- Abluftreinigung
- Verpackung

5.1 Abfälle aus der Masseaufbereitung

Bei der Masseaufbereitung entstehen insbesondere beim Einsatz von Nassverfahren durch Reinigungsvorgänge, Fehlchargen etc. größere Mengen an Weißschlamm bzw. an mit keramischen Massen und Glasuren belastetem Reinigungswasser. Durch eine Sammlung des in der Aufbereitung anfallenden Weißschlammes und Reinigungswassers an einer zentralen Stelle können die Feststoffe und das Wasser oft direkt bei neuen Versätzen verwendet werden. Genügen die Weißschlämme aufgrund ihrer Zusammensetzung aus verschiedenen Keramikrohstoffen nicht mehr den Anforderungen an den Versatz, so können sie in der Zementindustrie oder als Dichtmaterial in Deponien eingesetzt werden. Ebenso ist bei Massefehlchargen oder anderen Rückständen wie z. B. Filterstäuben, die nicht mehr sortenrein vorliegen, im Einzelfall zu überprüfen, ob ein direkter Wiedereinsatz in den Produktionsprozess möglich ist (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

Weißschlamm

Staub, der beim Beladen, Entladen, Befördern, mechanischen Hantieren und Bearbeiten von Rohmaterialien anfällt, kann normalerweise wieder als Rohmaterial verwendet werden. Zum Beispiel kann der Filterstaub aus der Lagerung der Rohmaterialien direkt in den Produktionsprozess oder zurück in den Silo geführt werden, wenn die Abluftreinigung dezentral durch einen Siloaufsatzfilter erfolgt. Bei Verwendung von zentralen Abluftentstaubungs-Einrichtungen ist hingegen wegen der Vermischung verschiedener Rohmaterialien eine direkte Rückführung oft nicht möglich (EIPPCB 2007).

Staub

5.2 Abfälle bei der Formgebung

Im Bereich der Formgebung fallen Abfälle im Wesentlichen in Form von Schnittabfall, Stäuben und Gipsformen an.

Im diesem Bereich besteht durch den Einsatz moderner Technologien ein erhebliches Potenzial zur Abfallvermeidung. So können Verfahren wie z. B. das Gießen in Gipsformen (Schlickergussverfahren), durch den Einsatz von Druck-

Abfallreduktion durch neue Technologien

gussanlagen mit Kunststoffformen (Schlickergussdruckverfahren) ersetzt werden, wodurch zum einen der Anfall von Weißschlamm reduziert wird und zum anderen der Einsatz von Gipsformen vermieden wird. Durch den Einsatz geschlossener Metallformen anstatt von offenen Gipsformen bei der Verpressung z. B. von Dachziegeln wird ebenfalls eine abfallfreie Verpressung bei einem Wegfall der Gipsformen ermöglicht. Außerdem haben die Metallformen – im Vergleich zu den Gipsformen – eine erheblich niedrigere Verdunstungsrate für das Wasser, das aus dem gegossenen Ton austritt (EIPPCB 2007).

Der Anfall an verbrauchten Gipsformen kann durch eine Erhöhung der Standzeit der Gipsformen vermindert werden. Durch den Einsatz von vollautomatisierten Gipsmischern und Vakuummischern können härtere Gipsformen hergestellt werden, die eine 2- bis 3-fach längere Lebensdauer der Formen ermöglichen (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

Der bei der Pressformung entstehende Schnittabfall kann oft direkt an der Presse abgeschoben, unter dem Pressentisch gesammelt und dem Pressenvorratsbehälter wieder zugegeben werden. Weiters können der entstehende Schnittabfall und die anfallenden Stäube als Versatzkomponenten in Gießmassen oder in Steinzeugmassen wieder eingesetzt werden. Verbrauchte Gipsformen können außerbetrieblich in der Zementindustrie und nach Zerkleinerung teilweise auch in der Düngemittelindustrie verwertet werden (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

5.3 Glasurverluste

Dachziegel, Klinker und Vormauerziegel werden fallweise mit einer Glasur überzogen. Bei deren Produktion treten auch Glasurverluste auf.

Eine Rückführung von Glasurverlusten aus dem Waschwasser von Glasurlinien lohnt sich insbesondere dann, wenn es sich um Glasurlinien handelt, bei denen nur eine Glasur in größerer Menge langfristig verarbeitet wird. Das Reinigungswasser der Glasurlinie wird dann lokal gesammelt und die Feststoffe werden möglichst schonend ausgeflockt. Neben der Ausflockung besteht auch die Möglichkeit, durch den Einsatz spezieller Filtermembranen die Glasurbestandteile vom Reinigungswasser zu trennen. Das gereinigte Wasser geht zurück an die Glasurlinie und die abgeschiedene Glasur zurück in den jeweiligen Glasurvorratsbehälter. Entstehen in Absatzbecken Glasurschlämme verschiedener Glasurversätze, so ist nach einer entsprechenden Homogenisierung ein Einsatz als Flussmittlersatz in der Masseaufbereitung möglich. Spezielle Filtersysteme erlauben eine direkte Rückführung der aus der Abluft der Sprühkabinen abgeschiedenen Glasurpartikel. Der Einsatz eines Sinterlamellenfilters ermöglicht auch die Abscheidung von feuchten Stäuben, wie sie z. B. beim Spritzglasieren anfallen. Durch das Vorschalten einer Beruhigungszone fällt der Staub im Filtersystem schon relativ trocken an, so dass im Idealfall die abgeschiedenen Glasurpartikel in der Filteranlage wieder als rieselfähiges Pulver vorliegen (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

5.4 Abfälle aus dem Brennprozess

Die Verwertung von aus dem Brennprozess resultierendem Glüh- und Glattbruch sowie Ofenausbruch ist, ebenso wie die Verwendung von Trockenbruch, größtenteils unproblematisch. Der Glüh- und Glattbruch wird zunächst einer Grob- und Feinzerkleinerung zugeführt und geht dann zurück in die Masseaufbereitung. Ofenausbruch aus sortenreinem Feuerfestmaterial kann in die Feuerfestindustrie zurückgeführt und nach entsprechender Aufbereitung ebenfalls wieder eingesetzt werden (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

Bruchware, die nicht im Prozess verwertet werden kann, dient manchmal in anderen industriellen Prozessen als Ausgangsmaterial. Gebrochene Ziegelsteine können z. B. als Substrat für die Dachbegrünung, für Tennisplätze oder als Zuschlagstoff für Spezialbeton verwertet werden (EIPPCB 2007).

Beim Brennprozess bestehen ebenfalls Möglichkeiten einer direkten Vermeidung von Abfällen durch den Einsatz moderner Technologien. So kann durch Umstellung von Kapsel- bzw. Regal-Tunnelofen-Brand auf Schnellbrand bzw. Monobrand und auf Rollenofensysteme der Einsatz an Brennhilfsmitteln minimiert werden, wodurch der Anfall von Feuerfestbruch verringert wird. Der Anteil des Brennbruches wird durch die Möglichkeit der exakten Steuerung des Brennregimes beim Einzelbrand ebenfalls reduziert. Auch bei herkömmlichen Ofensystemen kann Brennbruch durch die Optimierung des Wagenbesatzes vermindert werden (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

5.5 Abfälle bei der Verpackung

Durch den Einsatz von Mehrwegverpackungen (Paletten) können die Mengen der Verpackungsabfälle reduziert werden.

5.6 Abfälle aus der Abgasreinigung

Zur Verminderung von Fluoremissionen werden Sorptionsmittel (z. B. Kalziumkarbonat) sowohl im staubförmigen Zustand (Flugstromreaktor mit anschließendem Gewebefilter) als auch in körniger Form (Korngröße 3–6 mm bei Trockensorption im Schüttschichtfilter) eingesetzt. Die Abfälle bestehen vorwiegend aus Kalziumkarbonat (CaCO_3) und geringen Mengen Kalziumfluorid (CaF_2) und fallen in Form von Stäuben und verbrauchten Sorptionsmitteln an. In Anlagen zur thermischen Nachverbrennung der Schwelgase entstehen beim Wechsel der keramischen Speichermedien, die zur Vorwärmung eingesetzt werden, Abfälle in Form dieser verbrauchten Medien (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

Sorptionsmittel

Stäube aus der Abgasreinigungsanlage können nur unter bestimmten Umständen verwertet werden, da sie hohe Gehalte an Schwefel und Fluor enthalten können. Bei Zugabe zur Rohmaterialmischung könnten diese Stäube zu erhöhten Emissionen von HF und SO_x während des Brennprozesses führen. Zudem kann Staub aus der Abgasreinigungsanlage, z. B. wenn ein Adsorptionssystem auf Kalkbasis eingesetzt wird, adsorbierende Teilchen wie Kalk enthalten, die

Stäube

die Produkteigenschaften beeinflussen. Daher erleichtert eine getrennte Führung der verschiedenen Abgasströme die optimale Nutzung der staubförmigen Prozessverluste. Bei der Herstellung von Blähtonprodukten kann der Staub in den meisten Fällen verwertet werden.

Für die Trockensorption in Schüttschichtfiltern werden überwiegend Granulat oder Splitt (körniger Kalk) eingesetzt, wobei die chemische Reaktion dabei im Wesentlichen an der Oberfläche des Granulats abläuft. Das Sorptionsmittel kann dabei besser ausgenutzt werden, wenn die auf den äußeren Schichten des Granulats entstandenen Reaktionsprodukte entfernt werden. Durch den Einsatz einer Schältrammel kann die Oberfläche des Granulats reaktiviert werden, indem die gesättigte Oberfläche abgeschält wird. Diese Maßnahme dient gleichzeitig der Einsparung von Sorptionsmitteln. Beim Schälprozess können allerdings mitunter höhere Staubemissionen entstehen. Durch einen Verbund aus Fluor-Kaskaden-Absorber und Schältrammel mit automatischer Rückförderung kann die Abfallmenge um bis zu 50 % vermindert werden. Das mit Schadstoffen beladene Kalkgranulat wird von der Austragsschnecke in die Schältrammel gefördert. Durch Reibung wird die äußere Schicht, mit der die Schadstoffe reagiert haben, abgetragen und mit den Körnern < 2,5 mm unterhalb des Einlaufes ausgelesen. Dieses mit Schadstoffen gesättigte Material muss entsorgt werden. Das übrige Kalkgranulat mit > 2,5 mm hat nach dem Schälvorgang wieder eine reaktionsfähige Oberfläche und wird in der Schältrammel auf die gegenüberliegende Seite gefördert, wo es mittels Zellenradschleuse, Ringverdichter und Rohrleitung zurück in den Absorber gelangt. Fluor-Kaskaden-Absorber, Schältrammel und Rückführung bilden ein geschlossenes System. Dieser Schälvorgang mit Rückführung läuft unter Berücksichtigung der Einstellzeiten automatisch und kontinuierlich ab (UMWELTBUNDESAMT DESSAU 2001).

6 ZIEGELPRODUKTION IN ÖSTERREICH

6.1 Anlagenliste

Derzeit werden in 29 Werken in Österreich Ziegel produziert. Die Produktpalette umfasst dabei Hochloch-, Langloch- und Deckenziegel sowie Klinker und Sonderprodukte.

Die folgende Tabelle enthält eine Auflistung der österreichischen Ziegelwerke.

Tabelle 17: Österreichische Ziegelwerke.

	Betreiber	Adresse des Werkes	PLZ	Gemeinde	BL	Produkt
1	Anton Weindl GmbH	Weinzierlstraße 2	4400	Steyr	OÖ	Hochlochziegel
2	Bauhütte Leitl-Werke GmbH	Leitl-Straße 1	4070	Eferding	OÖ	Deckenziegel, Sonderprodukte
3	Danreiter & Co.	Rabenberg 11	4910	Ried im Innkreis	OÖ	Mauerziegel, Hochlochziegel
4	Erlacher Ziegelwerk Josef Lizzi	Brombergerstraße 3	2822	Erlach	NÖ	Hochlochziegel, Sonderprodukte
5	Frixeder & Co OHG	Bruck 31	4973	Senftenbach	OÖ	Hochlochziegel
6	Hilti, Mettauer & Co	Udelbergstraße 30	6840	Götzis	V	Hochlochziegel
7	J.N.Rhomberg's Nfg.	Steinacker 19	6853	Dornbirn	V	Hochlochziegel
8	K.F. u. DI.H.Obermair	Dambach 35	4501	Neuhofen/Krems	OÖ	Mauerziegel, Hochlochziegel
9	Martin Pichler Ziegelwerk GmbH	Ziegeleistraße 14	4082	Aschach/Donau	OÖ	Hochlochziegel, Deckenziegel, Langlochziegel
10	Poroton-Ziegel-Decken-Werk Pexider	Teufenbach 73	8833	Teufenbach	St	Mauerziegel, Hochlochziegel
11	Tondach Gleinstätten AG	Ziegelstraße 1	7422	Riedlingsdorf	B	Strangdachziegel, Pressdachziegel
12	Ziegelwerk J. Polsterer GmbH	Ziegelofengasse 12	2544	Leobersdorf	NÖ	Dachziegelzubehör
13	Tondach Gleinstätten AG	Ziegelstraße 22	8141	Unterpremstätten	St	Strangdachziegel, Pressdachziegel
14	Tondach Gleinstätten AG	Graschach 38	8443	Gleinstätten	St	Hochloch-, Strangdach-, Pressdachziegel
15	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Steinamangerstraße 3	7501	Rotenturm/Pinka	B	Klinker
16	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Göllersdorf 67	2013	Göllersdorf	NÖ	Mauerziegel, Hochlochziegel, Deckenziegel
17	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Hauptstraße 4	2332	Hennersdorf	NÖ	Hochlochziegel, Deckenziegel
18	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Ziegelstraße 36	4631	Krengelbach	OÖ	Hochlochziegel, Deckenziegel
19	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Schlossberg 5	5261	Uttendorf	OÖ	Hochlochziegel, Langlochziegel
20	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Apfelberg 36	8720	Knittelfeld	St	Hochlochziegel
21	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Studentenheimweg 12	8280	Fürstenfeld	St	Hochlochziegel
22	Salzburger Ziegelwerk	Lukasedt 11	5151	Nußdorf/Haunsberg	S	Hochlochziegel
23	Ziegelwerk Anton Comelli KG	Maxendorf 43	8082	Kirchbach	St	Hochlochziegel
24	Ziegelwerk Brenner F. Wirth GesmbH	Schönweg 39	9433	St. Andrä/Lavantal	K	Mauer- und Hochlochziegel
25	Ziegelwerk Eberschwang GmbH & Co KG	Straß 11	4906	Eberschwang	OÖ	Hochlochziegel
26	Ziegelwerk Eder GmbH	Bruck 39	4722	Peuerbach	OÖ	Hochlochziegel, Deckenziegel
27	Ziegelwerk Eder GmbH	Unterlehen 10	4675	Weibern	OÖ	Hochlochziegel
28	Ziegelwerk Nicoloso Pottenbrunn	Bahnstraße 50	3140	Pottenbrunn	NÖ	Mauerziegel, Hochlochziegel
29	Ziegelwerk Pichler Wels	Eferdingerstraße 175	4600	Wels	OÖ	Hochlochziegel

6.2 Produktionsmengen, Rohstoff- und Brennstoffeinsatz

In der nachfolgenden Tabelle werden Produktionsmengen und der Rohstoffeinsatz in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 angeführt.

Tabelle 18: Produktionsmenge und Rohstoffeinsatz in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

[Tonnen pro Jahr]	2003	2004	2005
Produktion	1.895.967	2.165.078	2.204.254
Rohstoff (Lehm/Ton)	2.256.689	2.563.290	2.647.300

Die Produktionsmenge stieg in den betrachteten Jahren um ca. 14 % (von 2003 auf 2004) bzw. 2 % (von 2004 auf 2005) an. Im ähnlichen Ausmaß nahm auch der Rohstoffeinsatz zu, wobei dieser jeweils ca. 20 % über der Produktionsmenge lag.

Für die Produktion der o. a. Ziegelmengen wurden die in der folgenden Tabelle angeführten Brennstoffe und Porosierungsmittel eingesetzt. Tabelle 19 gibt dabei den Einsatz von Brennstoffen und Porosierungsmitteln in Tonnen pro Jahr (bzw. 1.000 m³ pro Jahr) wieder, Tabelle 20 in GJ pro Jahr.

Tabelle 19: Einsatz von Brennstoffen und Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (in Tonnen pro Jahr, sofern nicht anders angegeben) (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

		2003	2004	2005
Brennstoffe	Erdgas [1.000 m ³ /Jahr]	75.724	82.724	84.335
	Flüssiggas	1.624	1.430	1.145
	Steinkohle	380	0	1.600
	Braunkohle	1.915	2.784	2.042
	Petrolkoks	0	0	177
	Koks	2.349	4.474	2.666
	Heizöl schwer	5.075	4.564	3.576
	Heizöl leicht	285	378	249
	Heizöl extra leicht	774	1.350	1.637
	Sägespäne	400	0	0
	Altspeiseöl/Tierfett	0	717	1.093
	Kohleton	0	0	2.167
	Porosierungsmittel	Papierfangstoff	82.653	97.986
Sägespäne		33.551	45.174	35.811
Sonnenblumenschalen		1.313	1.660	1.610
Polystyrol		283	303	181
Braunkohle		1.450	1.520	1.932

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Ziegelproduktion in Österreich

Tabelle 20: Einsatz von Brennstoffen und Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (in GJ pro Jahr) (WKÖ 2008, schriftl. Mitt.).

	[GJ/Jahr]	2003	2004	2005
Brennstoffe	Erdgas	2.726.064	2.978.064	3.036.042
	Flüssiggas	74.704	65.780	52.670
	Steinkohle	10.830	0	50.262
	Braunkohle	31.888	46.771	44.193
	Petrolkoks	0	0	5.416
	Koks	66.242	135.763	86.169
	Heizöl schwer	204.523	183.929	144.113
	Heizöl leicht	11.885	15.763	10.383
	Heizöl extra leicht	33.050	57.645	71.437
	Sägespäne	6.000	0	0
	Altspeiseöl/Tierfett	0	26.325	40.129
	Kohleton	0	0	4.334
	Porosierungsmittel	Papierfangstoff	461.863	548.070
Sägespäne		404.617	505.162	400.358
Sonnenblumenschalen		23.897	30.212	29.298
Polystyrol		8.841	9.629	4.934
Braunkohle		14.500	15.200	19.320
Summe		4.055.007	4.618.313	4.613.789

Zusammenfassend wurden folgende energetische Mengen an Brennstoffen und Porosierungsmitteln in [GJ pro Jahr] bzw. in [%] eingesetzt:

Tabelle 21: Zusammenfassung des Einsatzes von Brennstoffen und Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (in GJ pro Jahr).

[GJ/Jahr]	2003	2004	2005
Brennstoffe	3.165.186	3.510.040	3.545.148
Porosierungsmittel	889.821	1.108.273	1.068.641
Summe	4.055.007	4.618.313	4.613.789

Tabelle 22: Zusammenfassung des Einsatzes von Brennstoffen und Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (in % des Gesamtenergieeinsatzes).

[%]	2003	2004	2005
Brennstoffe	78,1	76,0	76,8
Porosierungsmittel	21,9	24,0	23,2
Summe	100,0	100,0	100,0

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Ziegelproduktion in Österreich

Entsprechend dem Trend der zunehmenden Produktionsmengen steigt im ähnlichen Ausmaß auch der Energieeinsatz aus Brennstoffen und Porosierungsmitteln.

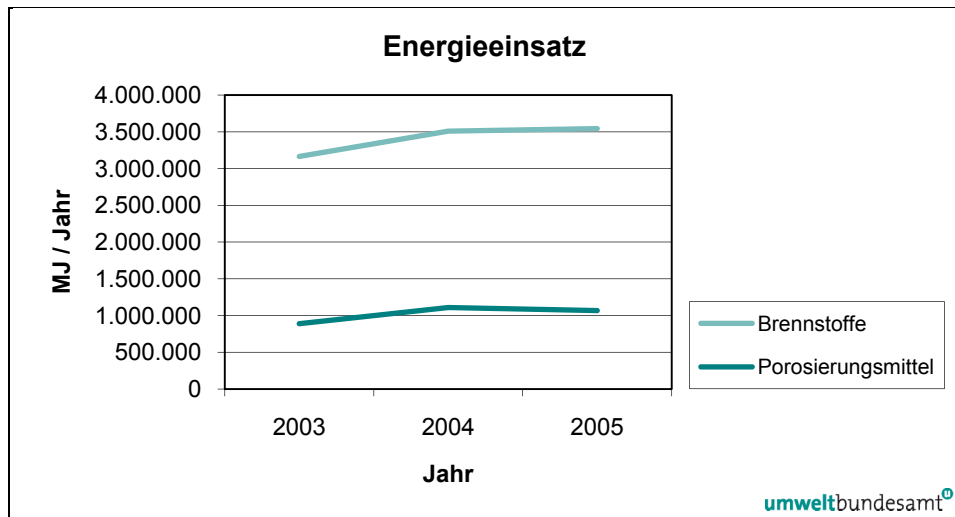


Abbildung 1: Energieeinsatz aus Brennstoffen und Porosierungsmitteln für die Jahre 2003 bis 2005.

Im Jahr 2005 betrug das Verhältnis zwischen eingesetzten Brennstoffen und Porosierungsmitteln demnach 77 % zu 23 % in Bezug auf den Gesamtenergieeinsatz (gemittelt über alle Produktgruppen):

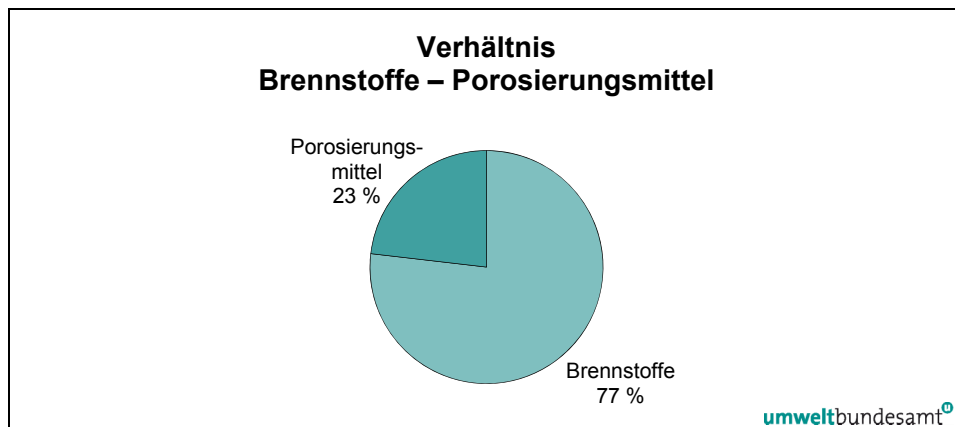


Abbildung 2: Verhältnis zwischen eingesetzten Brennstoffen und Porosierungsmitteln in Bezug auf den Gesamtenergieeinsatz für das Jahr 2005.

Pro Tonne Ziegel werden ca. 1.600 MJ an Brennstoffen und ca. 500 MJ an Porosierungsmitteln (gemittelt über alle Produktgruppen) eingesetzt:

Tabelle 23: Einsatz von Brennstoffen und Porosierungsmitteln pro Tonne erzeugter Ziegel in der österreichischen Ziegelindustrie in den Jahren 2003 bis 2005 (in MJ).

Energie pro Tonne Ziegel	2003	2004	2005
Brennstoffe	1.669	1.621	1.608
Porosierungsmittel	469	512	485
Summe	2.139	2.133	2.093

6.3 Beispielhafte Beschreibung des Einsatzes von Porosierungsmitteln in einem österreichischen Ziegelwerk

Im Werk werden Papierfangstoff sowie Sägespäne (Sägemehl) als Porosierungsmittel zur Herstellung von Hintermauerziegeln eingesetzt.

6.3.1 Porosierungsmittel und Qualitätssicherung

6.3.1.1 Sägespäne (Sägemehl)

Die im Werk eingesetzten Sägespäne werden von verschiedenen Sägewerken aus der Umgebung angeliefert. Der Lieferung liegen langfristige Verträge (für mindestens ein Jahr) zugrunde, da Abnehmer für Sägespäne auch in anderen Marktsegmenten (z. B. in der Holzpelletserzeugung) vorhanden sind. Dies bedingt auch einen Trend zu steigenden Preisen für Sägespäne.

Die Anlieferung der Sägespäne erfolgt ausschließlich per Lkw. Im Werk werden durchschnittlich Sägespäne für eine Wochenproduktion auf Lager gehalten.



Abbildung 3: Sägespäne (© Verband österreichischer Ziegelwerke).

Die Aufbereitung der angelieferten Sägespäne erfolgt in einer betriebseigenen Anlage über Drehsiebe und Häcksler.

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Ziegelproduktion in Österreich



Abbildung 4: Drehsiebe und Häcksler zur Aufbereitung der Sägespäne (© Verband österreichischer Ziegelwerke).

Analysen der Sägespäne erfolgen etwa zweimal pro Jahr bzw. bei Bedarf. Dabei werden vor allem die Parameter Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Schüttgewicht und fallweise Heizwert bzw. Chlorid erfasst. Die Analysen werden intern durchgeführt.

6.3.1.2 Papierfangstoff

Die Anlieferung des für die Ziegelherstellung eingesetzten Papierfangstoffs erfolgt täglich. Durch die mit Papierfangstoff verbundenen Geruchsprobleme wird versucht, nur eine geringe Menge (ungefähr den Bedarf für ein bis zwei Tage) auf Lager zu halten. Der im Werk verarbeitete Papierfangstoff stammt von einem einzigen Lieferanten und wird ohne Vorbehandlung im Anlieferungszustand (mechanisch entwässert, ca. 40–50 % Feuchtigkeit) eingesetzt.



Abbildung 5: Papierfangstoff (©: Verband österreichischer Ziegelwerke).

Die Anlieferung erfolgt ebenfalls ausschließlich per Lkw. Bis vor kurzem wurden durch die Abnahme von Papierfangstoff Erlöse erzielt, derzeit muss ein geringer Preis dafür bezahlt werden.

Analysen zur Qualitätssicherung werden einmal pro Monat vom Lieferanten durchgeführt und dem Werk zur Verfügung gestellt. Die Analysen umfassen die Parameter Wassergehalt (%), Kalzium (g/kg TS), Karbonat (g/kg TS) und unterer Heizwert (kJ/kg TS).

6.3.2 Anfall von betrieblichen Abfällen

Der nach Trocknung (aber vor dem Brennen) anfallende Bruch (Trockenbruch) wird nach einer Aufmahlung wieder im Prozess eingesetzt.

Das während des Brennens gebrochene Material wird an der nachfolgenden Entladestation ausgesondert. Dieses wird in die Produktionsanlage für Tennismehl übergeführt. Die Produktion von Tennismehl aus dem Eigenbruch und dem angelieferten Klinkerbruch erfolgt betriebsintern mittels Prall- und Turbomühlen. Der Tennissand wird in Säcken oder offen weiter verkauft.



Abbildung 6: Gelagertes Tennismehl (© Verband österreichischer Ziegelwerke).

7 LITERATURVERZEICHNIS

- ALONSO, R.; DIAZ, M.; COZ, A.; FUENTE, J. & PAYEN, A. (2007): Environmental assessment of foundry sand based brick in different steps of its life-cycle using leaching tests. European Congress of Chemical Engineering. Copenhagen. 16.–21. September 2007.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2000): Von der Kläranlage auf die Baustelle. Landespressedienst, Graz.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2004): Neurauder, R.; Mölgg, M. & Reinalter, M.: Aschen aus Biomassefeuerungsanlagen. Innsbruck.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2008): Künstliche Mineralfasern (KMF). München. www.abfallratgeber-bayern.de.
- BETZIECHE, H.; SCHÖPS, W. & HOHMANN, H. (2000): Porosierung von Ziegelton mittels Blähglasgranulat. Ziegelindustrie International Jg. 53, Nr.5, 2000. Nürnberg.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2003): Stand der Technik bei der Herstellung keramischer Erzeugnisse (Dachziegeln, Ziegelsteinen, feuerfesten Steinen und Feinkeramik) durch Brennen. Schriftenreihe des BMLFUW, Band 2/2003. Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006): Bundesabfallwirtschaftsplan und Bundesabfallbericht 2006. Wien.
- BRUCK, M. (1996): Ökobilanz Ziegel. Bewertung von Mauerziegeln sowie ökologische und betriebswirtschaftliche Bewertung von Ziegel-Außenwandkonstruktionen. Wien.
- BRUCK, M. (2004): Aktualisierung Ökobilanz Ziegel. Wien.
- BRUCK, M. (2005): Ökologischer Vergleich – biogene Porosierungsmittel: Maismehl-extrudat, Schalen von Sonnenblumenkernen. Wien.
- CERAM – Ceramics Research (2009): Staffordshire, United Kingdom. www.ceram.com/building/waste-utilisation.htm.
- CHIHPIH HUANG, C.; JILL PAN, R. & YAOREY LIU, Y. (2005): Mixing Water Treatment Residual with Excavation Waste Soil in Brick and Artificial Aggregate Making. Journal of Environmental Engineering, Vol. 131, No. 2.
- DEMIR, I. (2005): Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production. Building and environment Vol. 40, Nr.11. Oxford, UK.
- DEMIR, I. (2007): Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks. Afyon Kocatepe University. Afyonkarahisar, Turkey.
- DONDI, M.; MARSIGLI, M. & FABBRI, B. (1997): Recycling of industrial and urban wastes in brick production. Tile & Brick Int. Vol. 13, No.3.
- EDENHARDER, M.; ULLERMANN, K. & KRUMAR, W. (2001): Maismehl-Extrudat – ein nachwachsendes Porosierungsmittel für die Ziegelindustrie. Ziegelindustrie International – Brick and Tile Industry International Jg. 54, Nr.10, 2001. Gütersloh.
- EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (2001): Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. Seville. <http://eippcb.jrc.es>.

- EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. Seville. <http://eippcb.jrc.es>.
- GROMKE, U. (2002): Herstellung und Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Europa. Diplomarbeit. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- HACKL, A. (2003): Der Einsatz nachwachsender Faserstoffe als Porosierungsadditive in der Ziegelindustrie. Diplomarbeit. Technische Universität Wien – Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften. Wien.
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH (2007): 2. Aktualisierung Ökobilanz Ziegel. Wien.
- INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. (2003): Energiesparender und umweltschonender Brand von durch Porosierungsmittel hochbefrachteten Leichthochlochziegeln. FV-Nr./AiF-Nr.: 12182 N. Essen.
- INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. (2008a): Rohstoffanforderungen und Produktionsbedingungen zur extremen Schnelltrocknung und zum extremen Schnellbrand. FV-Nr./AiF-Nr.: 12503 N. Essen.
- INSTITUT FÜR ZIEGELFORSCHUNG ESSEN E. V. (2008b): Erhöhung der Festigkeit von schaumporosierten Ziegeln durch sinterungsfördernde Zusätze FV-Nr./AiF-Nr.: 12709 N. Essen.
- JUNGE, K. (1994): Voraussetzungen für die Verwertung von Filterrückständen und Sedimenten aus der Trinkwassergewinnung in Ziegeleien. Ziegelindustrie international 12/1994. Nürnberg.
- JUNGE, K. (1999): Grenzen der thermischen Nutzung organischer Rohstoffzusätze. ZI-Jahrbuch 1999. Nürnberg.
- JUNGE, K. (2000): Zusatzstoffe in der Ziegelindustrie. Ziegelindustrie international 12/2000. Nürnberg.
- KRAKOW, L. (2006): Rest- und Anfallstoffe für ausgewählte Qualitätsanforderungen bei der Herstellung von keramischen Erzeugnissen. Innovationsforum „Kooperationsverbund Baustoffe – Nachhaltige Produkt- und Technologieentwicklung“. Nordhausen.
- KRAUS, J.; HAHN, H. & HOFFMANN, E. (2004): Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Klärschlamm. Müll und Abfall 7/2004.
- KRCMAR, W. (2004): Porosierungsmittel auf dem Prüfstand – Maismehl-Extrudat im Vergleich zu Styropor. Ziegelindustrie international 7/2004. Nürnberg.
- KONSORTIUM RESTSTOFFHANDBUCH (1996): Reststoffhandbuch für die Papierindustrie.
- LAGER, T. (2000): Vergleich von Elutionsmethoden an Feststoffen: Mobilisierung von Haupt- und Spurenelementen aus Ziegeln. Diplomarbeit. Universität Bremen.
- LONG LIN, K. (2006): Feasibility study of using brick made from municipal solid waste incinerator fly ash slag. Journal of hazardous Vol. 137, Nr. 3. Amsterdam.
- MAUSCHITZ, G. (2008): Emissionen aus der österreichischen Zementindustrie, Berichtsjahr 2007. http://www.zementindustrie.at/file_upl/emissionen2007.pdf#search=%22mauschitz%22.
- MÖDINGER, F. & D'ANNA, G. (2005): Sustainable Clay Brick Production – a case study. Ziegelei Gasser Mattoni GmbH S.r.l. Naz-Sciaves, Italy.

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Literaturverzeichnis

- PÖGEL, H. J. (2006): Leichtkeramik. Keramische Zeitschrift. 58. Düsseldorf.
www.ceratechcenter.de/.
- RIMPEL, E. & SCHMEDDERS, T. (1996): Technische Herstellung hochporöser Ziegelmaterialien. ZI-Jahrbuch 1996.
- RODLMAYR, H. (2005): Einsatz von Sekundärstoffen im Zementwerk Rohrdorf.
<http://www.pillard.de/bilder/Archiv/Vortrag-Erfahrungsbericht/zementwerk-rohrdorf-rodlmayr.pdf>.
- RUPPIK, M. (2006): Einsatz organischer und anorganischer Porosierungsstoffe in der Ziegelindustrie. ZI 8/2006.
- SCHEIL, C. (2002): Popcorn in der Wand – Mais revolutioniert die Backsteinherstellung. Tec 21 37/2002. Zürich.
- SCHÜLKE S. (2008): Das VW-SiCon-Verfahren. Umsetzungsgrad und Betriebserfahrungen. VDI-Technikforum am 28./29.10.2008 in Linz.
- Technische Universität Braunschweig Leichtweiß-Institut (2006): Energetische Verwertung. Vorlesungsunterlagen. Braunschweig.
- UMWELTBUNDESAMT (2003a): Szednyj, I. & Schindler, I.: Aktuelle Entwicklungen hinsichtlich Abfalleinsatz und Emissionsminderungstechniken in der Zementindustrie. Berichte, Bd. BE-0237. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2003b): Böhmer, S., Schindler I., Szednyj I., et al.: Stand der Technik bei kalorischen Kraftwerken und Referenzanlagen in Österreich. Monographien, Bd. M-0162. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2004a): Boubela, G.; Wurst, F.; Prey, T. & Boos, R.: Materialien zur thermischen Behandlung und Verwertung von Abfällen und Reststoffen in der Zellstoff-, Papier-, Span- und Faserplattenindustrie. Berichte, Bd. BE-0248. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2004b): Kügler, I.; Öhlinger, A. & Walter, B.: Dezentrale Klärschlammverbrennung. Berichte, Bd. BE-0260. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Stoiber, H.; Böhmer, S.; Brandhuber, D. & Schindler, I.: Stand der Umsetzung der Abfallverbrennungsverordnung. Reports, Bd. REP-0114. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT DESSAU (2001): Exemplarische Untersuchung der praktischen Umsetzung des integrierten Umweltschutzes in der Keramischen Industrie unter Beachtung der IVU-Richtlinie und der Erstellung von BVT-Merkblättern. Dessau.
- WKÖ – Wirtschaftskammer Österreich (2008): Jahresbericht 2007/08. WKÖ Fachverband Steine-Keramik. Wien.

Patente

- Patent DE102005045180B4 vom 15.11.2007: Kugelförmige Korundkörner auf Basis von geschmolzenem Aluminiumoxid sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung.
www.patent-de.com.
- Patent EP19970102716 vom 23.5.2001: Porosierter Mauerziegel.
<http://www.freepatentonline.com>.

Rechtsnormen und Leitlinien

Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 155/2004 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 54/2008): Bundesgesetz der Republik Österreich, mit dem ein Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft erlassen und das Kräftefahrsgesetz 1967 und das Immissionsschutzgesetz-Luft geändert wird.

Abfallverbrennungsrichtlinie (RL 2000/76/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen. ABl. Nr. L 332.

Abfallverbrennung-Sammelverordnung (AVV; BGBl. II Nr. 389/2002 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit umfassend eine Verordnung über die Verbrennung von Abfällen (Abfallverbrennungsverordnung – AVV), eine Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Verordnung über die Verbrennung von gefährlichen Abfällen geändert wird, eine Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, mit der die Verordnung über die Verbrennung gefährlicher Abfälle in gewerblichen Betriebsanlagen geändert wird, eine Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, mit der die Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen 1989 geändert wird und eine Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Altöle (Altölverordnung 2002).

Abwasseremissionsverordnung – AEV Industriemineralien (BGBl. II Nr. 347/1997): Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralien einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten.

Altlastensanierungsgesetz (ALSAG; BGBl. Nr. 299/1989 i.d.F. BGBl. I Nr. 40/2008): Bundesgesetz zur Finanzierung der Durchführung der Altlastensanierung.

Altlastensanierungsgesetznovelle (ALSAG Novelle; BGBl. Nr. 299/1989 i.d.g.F.): Bundesgesetz zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung, mit dem das Wasserbautenförderungsgesetz, BGBl. Nr. 148/1985, das Umweltfondsgesetz, BGBl. Nr. 567/1983 und das Bundesgesetz vom 20. März 1985 über die Umweltkontrolle, BGBl. Nr. 127/1985, geändert werden.

Änderung der Abfallverbrennungsverordnung (AVV-Novelle 2007; BGBl. II Nr. 296/2007): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, mit der die Abfallverbrennungsverordnung geändert wird.

Deponieverordnung (DeponieV; BGBl. Nr. 164/1996 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen.

Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K; BGBl. I Nr. 150/2004 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Emissionen aus Dampfkesselanlagen erlassen wird.

Gewerbeordnung 1994 (GewO; BGBl. Nr. 194/1994 i.d.g.F.): Kundmachung des Bundeskanzlers und des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten, mit der die Gewerbeordnung 1973 wiederverlautbart wird.

ÖNORM S 2108-1: Thermische Behandlung von Abfällen, Teil 1 Anforderungen und Rahmenbedingungen.

Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie – Literaturverzeichnis

Richtlinie für Ersatzbrennstoffe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung in gewerblichen Betriebsanlagen und Bergbauanlagen.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04
Fax: +43-(0)1-313 04/4500

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Im vorliegenden Report beschreibt das Umweltbundesamt Herkunft und Einsatz von Porosierungsmitteln in der österreichischen Ziegelindustrie. Diese Zusatzstoffe werden dem Rohton beigemischt und hinterlassen beim Brennen feine Luftporen, die eine bessere Wärmedämmung des Ziegels bewirken. Im Jahr 2005 wurden 109.733 t Papierfangstoffe, 35.811 t Sägespäne und kleinere Mengen an Sonnenblumenschalen, Polystyrol und Braunkohle als Porosierungsmittel eingesetzt.

Zusätzlich zur Auflistung von Porosierungsmitteln, die derzeit international eingesetzt werden, sind auch anfallende Produktionsabfälle und ihre mögliche Verwertung dargestellt.

Wie herkömmliche Porosierungsmittel durch organische Stoffe (z. B. Pflanzenfasern oder Klärschlamm) oder anorganische Substanzen (z. B. Kieselgur oder Kohleaschen) ersetzt werden können, wird ebenfalls im Report beschrieben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Publikationen des Umweltbundesamtes, Wien](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [REP_244](#)

Autor(en)/Author(s): Walter Birgit, Tesar Maria

Artikel/Article: [Porosierungsmittel in der Österreichischen Ziegelindustrie. Herkunft und Einsatz. 1-56](#)