

STAND DER TECHNIK

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Stand der Technik von Anlagen zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen durch Brennen im Hinblick auf die Überarbeitung des BREF-Dokuments „Ceramic Manufacturing Industry“ von 2007 darzustellen.

Ziel der Studie

Die Basis dafür bilden die Kapitel über die einzelnen Anlagen. Diese enthalten die Beschreibung von Prozessen und Emissionsminderungsmaßnahmen sowie die Gegenüberstellung von aktuellen anlagenspezifischen Emissionen einschließlich Monitoring mit den Grenzwerten in den Bescheiden bzw. in den Verordnungen von 1993 und 1997 und mit den BVT-Werten im BREF-Dokument 2007.

In der Studie werden österreichische Anlagen zur Herstellung von Mauerziegeln, Dachziegeln und feuerfesten Steinen beschrieben, die über eine Produktionskapazität von über 75 t pro Tag und eine Ofenkapazität von über 4 m³ sowie eine Besatzdichte von über 300 kg/m³ pro Ofen verfügen und daher sowohl unter das Regime der Industrieemissionsrichtlinie fallen (Z 3.5, Anhang I; Industrieemissionsrichtlinie IE-RL, Nr. 2010/75/EU) als auch IPPC-Anlagen gemäß der etwas von der IE-RL abweichenden Definition in der Gewerbeordnung 1994 sind (GewO Anlage 3, Anlagenart 3.5).

Inhalt der Studie

Ebenso werden österreichische Anlagen in den Bereichen Sanitärkeramik, Tischkeramik, technische Keramik, Blähtonerzeugnisse, keramisch gebundene Schleifmittel und Ofenkacheln beschrieben, die nicht als IPPC-Anlagen gemäß Gewerbeordnung 1994 eingestuft sind.

Hinsichtlich der Umweltauswirkungen der Keramikindustrie werden Emissionen in Luft und Wasser, Maßnahmen zur Emissionsminderung, Energieverbrauch, Energieeffizienz, Ressourcenverbrauch und Abfälle betrachtet.

Keramikindustrie in Österreich und eingesetzte Technologien

In Österreich vertretene Bereiche der Keramikindustrie umfassen die Herstellung folgender Produkte:

- Mauerziegel: Hintermauerziegel und Klinker (Vormauerziegel),
- Dachziegel,
- feuerfeste Steine,
- Blähtonerzeugnisse,
- Tischkeramik,
- Sanitärkeramik,
- technische Keramik,
- keramisch gebundene Schleifmittel,
- Ofenkacheln.

**Hintermauerziegel,
Klinker und
Dachziegel**

Zur Herstellung von **Hintermauerziegeln** wird Rohmaterial (Tone, auch Lehm und Schlier) von der Halde entnommen, zerkleinert, mit Porosierungsmitteln (z. B. Papierfaserstoffe, Sägespäne) gemischt und einige Tage gelagert. Meist wird Wasser zugesetzt. Das Formen der Ziegelrohlinge erfolgt durch Strangpressen. Dann wird der Wassergehalt in einem Trockner reduziert und das Material in einem Tunnelofen bei 850–950 °C gebrannt. Teilweise werden die Ziegel anschließend plangeschliffen.

Im Unterschied dazu werden für **Klinker** (Vormauerziegel) keine Porosierungsmittel zugesetzt, und die Brenntemperatur im Tunnelofen liegt höher: bei 1.060–1.080 °C.

Dachziegel werden ebenfalls ohne Porosierungsmittel hergestellt. Die Formgebung kann im Strang- oder Pressverfahren durchgeführt werden. Vor dem Brennen im Tunnelofen werden die Dachziegel häufig engobiert oder glasiert. Die Brenntemperatur liegt bei rund 1.050 °C.

feuerfeste Steine

Für die Herstellung feuerfester Steine werden je nach Produkt Sintermagnesia, Chromerze, Tone, Siliciumcarbid, Leichtschamotte, Perlite und vieles mehr als Rohstoffe eingesetzt. Teilweise erfolgt die Zerkleinerung auf die erforderliche Körnung vor Ort, gefolgt von der Mischung nach Rezeptur. Porosierungsmittel werden nicht verwendet, ausgenommen für Hafnerschamotte. Die Formgebung erfolgt in Pressen mit Hilfe von Metallformen. Nach dem Trocknen an der Luft oder in Trocknern erfolgt das Brennen in Tunnelöfen oder in diskontinuierlich betriebenen Hauben- oder Herdwagenöfen bei 1.400–1.850 °C (produktabhängig), für Hafnerschamotte bei 900–1.050 °C. Teilweise werden Nachbearbeitungen durchgeführt, z. B. durch Schneiden, Schleifen oder Tränken.

Blähton

Für die Herstellung von Blähton wird Ton zerkleinert und mit Blähhilfsmittel gemischt. Das Material wird über einen Trockenofen in den Drehrohrofen überführt, wo die kugelige Form des Produktes entsteht und der Brand bei rund 1.200 °C erfolgt. Die österreichische Anlage zur Herstellung von Blähton ist keine IPPC-Anlage gemäß GewO.

Tischkeramik

Zur Herstellung von Tischkeramik wird keramische Masse aus Ton, Kaolin, Feldspat bzw. Quarz mit Wasser zu einer Drehmasse geknetet oder zu einer Gieß- oder Druckgussmasse verarbeitet. Die Formgebung erfolgt in Gips- oder Kunststoffformen, weitere Teile werden durch Garnieren händisch angefügt. Nach dem Trocknen erfolgt der erste Brand (Schrühbrand) bei ca. 1.000 °C in einem diskontinuierlich betriebenen Ofen. Danach wird durch Tauchen die Glasur und eventuell durch Malen oder Flammen aufgetragen und der zweite Brand (Glattbrand) bei 1.000–1.380 °C durchgeführt. Zum Teil wird auch nach dem Glattbrand dekoriert, in diesem Fall wird nochmals bei 720–1.200 °C gebrannt (Dekorbrand); bei mehrfarbigem Dekor kann dies auch mehrfach erfolgen. Die österreichischen Anlagen zur Herstellung von Tischkeramik sind keine IPPC-Anlagen gemäß GewO.

Sanitärkeramik

Bei der Produktion von Sanitärkeramik werden als Rohstoffe Kaoline, Tone, Hartstoffe und Schamottemischung verwendet, die nach Rezept und mit Wasser gemischt zu einem flüssigen Schlicker aufbereitet werden, der in Gipsformen gegossen wird. Nach dem Trocknen wird Glasur aufgesprüht und das Material im Tunnelofen bei 1.220–1.240 °C gebrannt. Montageflächen werden geschliffen, teilweise werden die Produkte auf die gewünschte Länge zugeschnitten. Die österreichischen Anlagen zur Herstellung von Sanitärkeramik sind keine IPPC-Anlagen gemäß GewO.

Technische Keramik wird aus verschiedenen Rohstoffen, beispielsweise Silikaten, in produktabhängigen Mischungen eingesetzt. Die Formgebung erfolgt durch Trockenpressen in Metallformen, Strangpressen oder Nasspressen. In einigen Fällen werden technische Keramiken glasiert. Die getrockneten Formlinge werden nach Bedarf mechanisch bearbeitet, eventuell vorgebrannt und danach dem Sinterbrand in diskontinuierlich betriebenen Öfen unterzogen. Mechanische Nachbearbeitungen erfolgen je nach Produkt, z. B. Scheuern zur Entfernung von Graten, Schneiden oder Schleifen. Die österreichischen Anlagen zur Herstellung von technischer Keramik sind keine IPPC-Anlagen gemäß GewO.

technische Keramik

Schleifkorn wird mit Rohstoffen für die keramische Bindung, Farbpigmenten, Porosierungsmitteln und Bindemitteln für die nötige Festigkeit der ungebrannten Rohlinge gemischt und durch Pressen geformt. Das Material durchläuft eine Trocknung und wird bei einer je nach Material unterschiedlichen Brenntemperatur zwischen 850 °C und 1.300 °C gebrannt. Dafür werden kontinuierlich oder diskontinuierlich betriebene Öfen verwendet. Die Nachbearbeitung der gebrannten Schleifmittel erfolgt mechanisch. Die österreichischen Anlagen zur Herstellung keramisch gebundener Schleifmittel sind keine IPPC-Anlagen gemäß GewO.

keramisch gebundene Schleifmittel

Für Ofenkacheln werden Tone und Schamotte mit mineralischen Zusätzen und Wasser zu einem Schlicker gemischt und in Gipsformen gegossen. Nach dem Entformen werden die Rohlinge getrocknet und glasiert. Die Ofenkacheln werden bei ca. 1.050 °C in diskontinuierlich betriebenen Öfen gebrannt. Zur Nachbearbeitung werden die Produkte teilweise geschliffen. Die österreichischen Anlagen zur Herstellung von Ofenkacheln sind keine IPPC-Anlagen gemäß GewO.

Ofenkacheln

Emissionsminderungseinrichtungen bei Anlagen zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen

Die Abluft aus Trocknern für Formlinge und das Abgas aus Öfen zum Brennen keramischer Produkten werden in Abhängigkeit von den verwendeten Rohstoffen und Hilfsstoffen teilweise thermisch behandelt oder über Kalk-Schüttstofffilter oder Gewebefilter geführt.

In Öfen mit Brenntemperaturen ab 1.400 °C werden teilweise Low-NO_x-Brenner eingesetzt.

Bei staubenden Vorgängen wird die Abluft in der Regel über Gewebefilter gereinigt. Faserstaub wird zusätzlich über einen Absolutfilter gemindert.

Bei der thermischen Nachverbrennung (TNV) wird die mit organischen Verbindungen beladene Luft aus der Trocknung bzw. den Brennöfen in einer Brennkammer üblicherweise bei 750–850 °C (variiert je nach Anlagentyp und Branche) thermisch behandelt, wobei die organischen Substanzen zerstört werden. Bei nicht ausreichender Rohgaskonzentration bedarf es einer Erdgas-Stützfeuerung. Der Stand der Technik in Bezug auf die Nutzung der entstehenden Abwärme bei der Abluftreinigung ist im Abschnitt „Energieeffizienz“ dargestellt.

thermische Nachverbrennung

Bei der regenerativen thermischen Nachverbrennung (RNV) sind vor dem Brenner Wärmetauschkammern vorgeschaltet, durch die das heiße, gereinigte Reingas strömt, wodurch die Wärme an das anschließend im Gegenstrom durchgeleitete Rohgas übertragen wird. Bei 3-Kammer-Systemen werden beim Umschaltvorgang Emissionsspitzen vermieden, wobei die Kammer vor dem Wechsel auf den Reingasbetrieb gespült wird. Ein autothermer Betrieb der RNV ohne

regenerative thermische Nachverbrennung

Stützfeuerung ist bei einer ausreichenden Konzentration an organischen Substanzen möglich. Bei geringeren Konzentrationen bedarf es einer Erdgasstützfeuerung.

Gewebefilter Gewebefilter dienen der Minderung von Staubemissionen und der Minderung der Emissionen von allenfalls im Staub enthaltenen Schwermetallen. Gewebefilter werden bei der Rohstoffaufbereitung, -anlieferung und -lagerung, Formgebung sowie in der mechanischen Nachbearbeitung verwendet.

Zudem werden bei der Herstellung feuerfester Steine Gewebefilter teilweise zur Minderung der Staubemissionen aus Tunnelöfen eingesetzt.

Kalk-Schütt-schichtfilter Kalk-Schütt-schichtfilter werden zur Absorption saurer Bestandteile des Rauchgases der Brennöfen, insbesondere Fluorwasserstoff, aber auch Chlorwasserstoff oder Schwefeloxiden eingesetzt. Das Abgas durchströmt eine Schicht aus Calciumhydroxid oder Kalkstein, wobei das Absorptionsmaterial laufend oder periodisch abgezogen und ersetzt wird oder in einer Schältrömel die beladene Oberfläche abgeschält wird, worauf der Kalk wieder dem Schüttbett zugeführt wird.

Low-NO_x-Brenner In Öfen mit Brenntemperaturen ab 1.400 °C werden teilweise Low-NO_x-Brenner eingesetzt. Verschiedene Low-NO_x-Brenner begrenzen die NO_x-Emissionen durch geeignete Bauweise mit Reduktion der maximalen Flammentemperatur, kurze Verweildauer in der Hochtemperaturzone bzw. Reduktion der Sauerstoffverfügbarkeit in der Verbrennungszone durch Luftstufung, Brennstoffstufung und/oder interne Abgasrückführung.

Stand der Technik

Monitoring und Referenzbedingungen für Emissionen in die Luft

Die Emissionen werden unter Nennung des Messzeitraumes als Massenkonzentration der luftverunreinigenden Stoffe in den Einheiten Milligramm je Normkubikmeter (mg/Nm³), bei einzelnen Parametern in Mikrogramm je Normkubikmeter (µg/Nm³), jeweils bezogen auf das Abgasvolumen im Normzustand (273 K, 1.013 hPa) nach Abzug des Feuchtegehaltes an Wasserdampf, angegeben. Bei Abgas von Brennöfen (allenfalls nach der thermischen Abgasbehandlung) wird der zugehörige Bezugssauerstoffgehalt angegeben.

Die Messzeiträume stellen Halbstundenmittelwerte bei periodischen Messungen dar. Bei kontinuierlichen Messungen werden Halbstunden- und Tagesmittelwerte gebildet.

Überwachungsintervalle Bei IPPC-Anlagen sollte eine jährliche Emissionsmessung bei gefassten Emissionsquellen erfolgen.

Bei Staubabsaugungen mit Abluftvolumenströmen unter 10.000 Nm³/h werden entweder die Emissionen bei IPPC-Anlagen regelmäßig in Abständen von zwei oder drei Jahren gemessen, oder die Abluftfilteranlage wird jährlich gewartet. Bei diesen Staubquellen basiert die Häufigkeit der Messungen oder Leistungskontrollen auf einem Wartungsmanagementsystem.

Bei Anlagen, die keine IPPC-Anlagen im Sinne der Gewerbeordnung 1994 sind, sollte die Emissionsmessung bei gefassten Emissionsquellen jährlich, alle zwei Jahre oder alle drei Jahre erfolgen.

Öfen zum Brennen von Ziegeln, feuerfesten Steinen, Sanitärkeramik und technischer Keramik

Beim Brennen in Tunnelöfen oder diskontinuierlichen Öfen entstehen Emissionen, die aus den Rohstoffen freigesetzt werden (je nach Produkt: Staub, gas- und staubförmige Fluorverbindungen, Chlorwasserstoff, teilweise Kohlenstoffmonoxid, Schwefeloxide oder Schwermetalle) und Emissionen, die vor allem aus eingesetzten Rohstoffen und Porosierungsmitteln entstehen (je nach Produkt: TVOC, aliphatische Aldehyde wie Ethanal und Methanal, Benzol, Phenol, Ethylbenzol, PAKs).

Emissionen aus Rohstoffen und Porosierungsmitteln

Stickstoffoxide werden vor allem durch die hohen Brenntemperaturen gebildet. Kohlenstoffmonoxid entsteht bei Verbrennungsprozessen.

Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik sind in den Tabellen A (anorganisch-chemische Parameter), B (organisch-chemische Parameter) und C (Schwermetall-Emissionen aus Öfen zum Brennen von feuerfesten Steinen bzw. Sanitärkeramik) auf Basis österreichischer Anlagen dargestellt.

Tabelle A: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Öfen zum Brennen keramischer Erzeugnisse, Emissionen in die Luft, anorganisch-chemische Parameter auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugs-sauerstoff-gehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
Staub	< 1–10	18 % ¹	Gewebefilter	feuerfeste Steine, technische Keramik
	0,1–20	18 %	keine oder Elektrofilter	Ziegel ² , Sanitärkeramik, feuerfeste Steine
CO	ist festzulegen ³	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel, Dachziegel
	ist festzulegen ⁴	18 %	keine	
	< 2–15	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	feuerfeste Steine
	≤ 25–50	18 %	keine	
NO _x (als NO ₂)	30–200 ⁵	18 %	keine	Ziegel ² (gebrannt in Öfen <u>ohne</u> Nachverbrennung)
	< 60–220 (< 30–110)	15 % (18 %)	keine	Hintermauerziegel (gebrannt in Öfen <u>mit</u> Nachverbrennung)
	< 15–80	18 %	keine oder Low-NO _x -Brenner	feuerfeste Steine (gebrannt in Chargenöfen, teilweise mit Nachverbrennung in der Aufheizphase)
	< 175–500 ⁶ < 140–400	17 % 18 %	keine	feuerfeste Steine (gebrannt in kontinuierlich betriebenen Öfen)
SO _x (als SO ₂)	0,1–250 ⁵	18 % ¹	keine oder Kalk-Schüttichtfilter (Calciumhydroxid oder Kalkstein)	Ziegel ² , feuerfeste Steine, technische Keramik, Sanitärkeramik
	Bei hohem Schwefel-Gehalt in der keramischen Rohstoffmischung (≤ 0,35 %, ber. als S) oder im Bindemittel: ≤ 500	18 %	Hintermauerziegel: Zumischung von schwefelarmem Rohstoff Zusatz von Kalkstein oder gebranntem Kalk zur Rohstoffmischung	Hintermauerziegel, feuerfeste Steine ⁷

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugs-sauerstoff-gehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
HCl	< 0,1–5	18 %	Kalk-Schüttstofffilter (Calciumhydroxid oder Kalkstein)	Ziegel ² , feuerfeste Steine, Sanitärkeramik
	< 2–15	18 %	Kalk-Schüttstofffilter (Calciumhydroxid oder Kalkstein)	Dachziegel, Klinker ⁸
	< 0,1–10	18 %	keine	Hintermauerziegel, Sanitärkeramik
HF	< 0,04–2	18 %	keine oder Kalk-Schüttstofffilter (Calciumhydroxid oder Kalkstein)	Ziegel ² , feuerfeste Steine, Sanitärkeramik, technische Keramik
Fluorid im Staub	< 0,1	18 %	keine	Dachziegel

¹ Bei einigen Anlagen sind die Emissionsgrenzwerte auf 17 % Sauerstoffgehalt bezogen.

² „Ziegel“ umfasst Hintermauerziegel, Klinker (Vormauerziegel) und Dachziegel.

³ Die verfügbaren Messwerte von zwei österreichischen Anlagen mit RNV liegen zwischen 26 mg/Nm³ und 151 mg/Nm³.

⁴ Die verfügbaren Messwerte von zwei österreichischen Anlagen (mit insgesamt drei Emissionsquellen) ohne Nachverbrennung liegen zwischen 53 mg/Nm³ und 142 mg/Nm³.

⁵ Der obere Wert beruht auf der Angabe des Zieglerversandes.

⁶ Bei niedrigeren Temperaturen liegen die NO_x-Emissionen im unteren Wertebereich, bei höheren Temperaturen im oberen Wertebereich.

⁷ Einbeziehung eines Produktionsstandortes der RHI Magnesita in Deutschland als Referenz

⁸ Die Rohstoffauswahl für Dachziegel bzw. Klinker ist eingeschränkt, da wegen produkttechnischer Erfordernisse kein Kalk enthalten sein darf.

Tabelle B: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Öfen zum Brennen keramischer Erzeugnisse, organisch-chemische Parameter, Emissionen in die Luft auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugs-sauerstoff-gehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
TVOC	< 2–15	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel
	< 5–60	18 %	keine	
	< 1–4	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	feuerfeste Steine, Klinker, Dachziegel
	< 2–30	18 %	keine	
Ethanal (Acetaldehyd)	< 1 ¹	18 %	keine oder therm. Abluftreinigung (TNV, RNV), Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei Massenstrom ≥ 0,3 kg/h, feuerfeste Steine
	< 20	18 %	keine oder Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei Massenstrom < 0,3 kg/h
Methanal (Formaldehyd)	< 2 ¹	18 %	keine oder therm. Abluftreinigung (TNV, RNV), Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei Massenstrom ≥ 0,3 kg/h, feuerfeste Steine
	< 20	18 %	keine oder Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei Massenstrom < 0,3 kg/h

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugs-sauerstoff-gehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
Summe aliphatische Aldehyde	< 0,5–3	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel
	< 1–6	18 %	keine oder Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei $\geq 0,3$ kg/h, Klinker
	< 20	18 %	keine oder Reduktion des Anteils von Sägespänen zur Porosierung	Hintermauerziegel bei Massenstrom < 0,3 kg/h
Benzol	< 0,1–0,2	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel, feuerfeste Steine
	< 0,1–3,0 ¹	18 %	keine	Hintermauerziegel, Klinker
Phenol	< 0,01–0,4	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel, feuerfeste Steine
	0,01–1,5	18 %	keine	Hintermauerziegel, Klinker
Ethenylbenzol (Styrol)	< 0,06–0,4	18 %	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)	Hintermauerziegel, feuerfeste Steine
	0,003–2	18 %	keine	Hintermauerziegel bei Massenstrom $\geq 0,1$ kg/h, Klinker
	< 10	18 %	keine	Hintermauerziegel bei Massenstrom < 0,1 kg/h:

¹ Einbeziehung weiterer Mitgliedsbetriebe des Zieglerverbandes

Tabelle C: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Öfen zum Brennen von feuerfesten Steinen bzw. Sanitärkeramik, Schwermetall-Emissionen auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugs-sauerstoff-gehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
Pb + Verbindungen, partikelgebunden und filtergängig (ber. als Pb)	< 0,05	17 %	Gewebefilter	feuerfeste Steine
Cr(VI)-Verbindungen (ber. als Cr)	< 0,001–0,025 ¹	17 %	Gewebefilter	feuerfeste Steine (bei Einsatz chromhaltiger Rohstoffe)
Cr + Verbindungen, partikelgebunden und filtergängig (ber. als Cr)	< 0,005–0,2	17 %	Gewebefilter	feuerfeste Steine (bei Einsatz chromhaltiger Rohstoffe)
Cr + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Cr)	< 0,003–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik
Co + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Co)	< 0,001–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik
Mn + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Mn)	< 0,005–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik
Ni + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Ni)	< 0,0005–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugssauerstoffgehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen	Anwendungsbereiche
Sb + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Sb)	< 0,001–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik
Sn + Verbindungen, partikelförmig (ber. als Sn)	< 0,001–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik
V + Verbindungen, partikelförmig (ber. als V)	< 0,005–0,1	18 %	Gewebefilter	Sanitärkeramik

¹ oberer Wert auf Basis der GKV 2011

Staubende Vorgänge und Trockner ohne Ofenverbund

Staubende Vorgänge sind die Rohstoffaufbereitung, -anlieferung und -lagerung, die Formgebung sowie die mechanische Nachbearbeitung. Die Emissionen nach Stand der Technik sind in Tabelle D angeführt.

Die Emissionen aus Trocknern für Rohstoffe und ungebrannte Rohlinge bei der Fertigung von feuerfesten Steinen nach Stand der Technik sind in Tabelle E dargestellt.

Tabelle D: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Entstaubungsanlagen in der Rohstoffaufbereitung, -anlieferung und -lagerung, in der Formgebung sowie in der mechanischen Nachbearbeitung auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (HMW)	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen
Staub (mg/Nm ³)	< 0,2–10	Gewebefilter
Faserstaub (F/m ³)	< 15.000	Kombination aus Gewebefilter und Absolutfilter

F/m³: Fasern pro m³

Tabelle E: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Trocknern für Rohstoffe und ungebrannte Rohlinge bei der Herstellung von feuerfesten Steinen auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugssauerstoffgehalt	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen
Staub	< 0,2–10	Ist-O ₂	Gewebefilter
CO	< 10	Ist-O ₂	keine
NO _x (als NO ₂)	< 10	Ist-O ₂	keine

Trockenöfen und Brennöfen zur Produktion von keramisch gebundenen Schleifmitteln

Bei der Herstellung von keramisch gebundenen Schleifmitteln wird das Abgas von Tunnelöfen bzw. diskontinuierlichen Brennöfen mit der Abluft aus den Trockenöfen zusammengeführt und nachverbrannt. Emissionen werden aus den Rohstoffen freigesetzt (Staub, Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff, teilweise Kohlenstoffmonoxid) oder stammen aus eingesetzten Hilfsstoffen (organische Substanzen). Stickstoffoxide werden vor allem durch die hohen Brenntemperaturen gebildet. Kohlenstoffmonoxid entsteht bei Verbrennungsprozessen. Die Emissionen nach Stand der Technik sind in Tabelle F dargestellt.

Tabelle F: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik von Trockenöfen sowie Brennöfen bei keramisch gebundenen Schleifmitteln (Abgase des Ofenverbunds) auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Stand der Technik – Emissionswerte (mg/Nm ³) (HMW)	Bezugssauerstoffgehalt ¹	Minderungsmaßnahmen, die eingesetzt werden können, um diese Werte zu erreichen
Staub	< 2–5 (< 1–4)	17 % bzw. Ist-O ₂ (18 %)	keine
CO	< 2–80 (< 5–100)	Ist-O ₂ (18 %)	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)
TVOC	1–15 (< 1,5–20)	Ist-O ₂ (18 %)	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)
PAK ²	< 0,01 (< 0,012)	Ist-O ₂ (18 %)	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)
Naphthalin	< 0,01 (< 0,010)	Ist-O ₂ (18 %)	therm. Abluftreinigung (TNV, RNV)
NO _x (als NO ₂)	< 10–100 (< 20–120)	Ist-O ₂ (18 %)	keine
SO _x (als SO ₂)	< 1–5 (< 1–4)	17 % (18 %)	keine
HCl	< 1–5 (< 1–4)	17 % bzw. Ist-O ₂ (18 %)	keine
HF	0,6–2,0 (< 0,5–1,5)	17 % bzw. Ist-O ₂ (18 %)	keine

¹ Die Emissionen der Anlagen werden bei Ist-Sauerstoffgehalt begrenzt (bzw. vereinzelt bei 17 % O₂). Die gemessenen Ist-Sauerstoffgehalte liegen zwischen 18,4 % und 19,6 %. In der Tabelle wurden die Werte zusätzlich auf einen einheitlichen Bezugssauerstoffgehalt von 18 % umgerechnet (Werte in Klammern).

² Summe von: Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(n/j)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Dibenz(a,h/a,c)anthracen, Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren

Abwasseremissionen

Abwässer aus der Herstellung von feuerfesten Steinen, Sanitärkeramik, technischer Keramik, keramisch gebundenen Schleifmitteln und Ofenkacheln, die nicht oder nicht mehr weiter im Kreislauf geführt werden können, werden überwiegend in die öffentliche Kanalisation (in die kommunale Kläranlage) eingeleitet.

**überwiegend
Indirekteinleitung**

Ausgenommen davon sind thermisch belastete Kühlwässer insbesondere für Durchlaufkühlungen mit Wärmetauscher (v. a. bei Pressen für die Formgebung), die mitunter als Sicherheitsmaßnahme über einen Ölabscheider geführt und danach direkt eingeleitet werden (Oberflächenwasser oder Grundwasser).

Bei Anlagen zur Herstellung von Ziegeln werden Prozessabwässer im Kreislauf geführt bzw. für die Rohstoffaufbereitung weiterverwendet, es werden daher keine Abwässer eingeleitet.

Herkunft der Prozessabwässer

Bei der Herstellung von feuerfesten Steinen, technischer Keramik und keramisch gebundenen Schleifmitteln fällt Prozessabwasser vor allem bei der Nachbehandlung (z. B. Nassschleifen, Schneiden) und bei der Reinigung von Behältern und Anlagenteilen im Bereich Rohstoffmischen an.

Prozessabwässer aus der Produktion von Tischkeramik, Sanitärkeramik und Ofenkacheln stammen vor allem aus der Reinigung, des Weiteren aus Formgebung, Schleifen, Glasieren, der Gipsformenherstellung und der abschließenden Reinigung der Produkte.

Zusätzlich können jeweils Abwässer aus weiteren Aggregaten wie Kompressoren anfallen.

Behandlung

Stand der Technik für die indirekte Einleitung von Abwässern (vor der finalen Behandlung in einer externen Abwasserreinigungsanlage) ist die Vorbehandlung von Abwässern aus dem Produktionsprozess mittels physikalischer oder physikalisch-chemischer Abwasserbehandlung. Die Vorbehandlung kann aus einer Kombination der im Folgenden angegebenen Behandlungsstufen bestehen. (Die angeführten Entfernungstechniken sind vor allem bezüglich der fett hervor gehobenen Parameter wirksam.)

- Sedimentation (**abfiltrierbare Stoffe**, CSB, Kohlenwasserstoffe);
- Flotation (**abfiltrierbare Stoffe**, CSB, Kohlenwasserstoffe);
- Ausflocken und Fällung (**Metalle, Phosphor**, CSB, Kohlenwasserstoffe, AOX);
- Neutralisation (**pH-Wert**);
- Filtration (**abfiltrierbare Stoffe**, CSB);
- Öl-Wasser-Trennung (**Kohlenwasserstoffe**).

Überwachungs- frequenzen der Eigen- und Fremdüberwachung

Stand der Technik bei Chargeneinleitung ist eine umfassende Eigenüberwachung aller relevanten Abwasserparameter anhand einer Stichprobe, die für das entleerte Abwasservolumen repräsentativ ist. Die Häufigkeit der Messungen der einzelnen Parameter ist abgestimmt auf die Umweltrelevanz der Stoffe.

Stand der Technik bei kontinuierlicher Einleitung ist eine umfassende Eigenüberwachung aller relevanten Abwasserparameter anhand einer nicht abgesetzten homogenisierten qualifizierten Zweistundenmischprobe oder qualifizierten Stichprobe, repräsentativ für den gesamten Betriebswasseranfall. Temperatur, abfiltrierbare Stoffe, pH-Wert und Chrom-VI sind anhand von Stichproben zu bestimmen. Die Häufigkeit der Messungen der einzelnen Parameter ist abgestimmt auf die Umweltrelevanz der Stoffe.

Die Fremdüberwachung sollte halbjährlich oder jährlich stattfinden. Die Fremdüberwachung ist stets an repräsentativen Produktionstagen mit entsprechend hoher Auslastung der Anlage durchzuführen.

Die erreichbaren Emissionswerte bei der Indirekteinleitung von Abwässern aus der Herstellung von feuerfesten Steinen, Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundenen Schleifmitteln und Ofenkacheln sind der Tabelle G zu entnehmen.

Tabelle G: Erreichbare Emissionswerte gemäß Stand der Technik bei der Indirekteinleitung von Prozessabwässern aus der Produktion von feuerfesten Steinen, Tischkeramik, Sanitärkeramik, Ofenkacheln sowie keramisch gebundenen Schleifmitteln auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter (<u>unterstrichen</u> : prioritäre Stoffe gem. RL 2013/39/EU)	Einheit	Stand der Technik – Emissionswerte, Chargenmischprobe¹ Einleitung in die öffentliche Kanalisation (in die kommunale Kläranlage)	AEV Industrie- minerale (1997), Indirekt- einleitung	Anwendungsbereiche
Temperatur	°C	< 30	35	feuerfeste Steine, Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	< 10–60	70	feuerfeste Steine, Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel
Absetzbare Stoffe	ml/l	< 0,1 < 0,1–2	–	Ofenkacheln keramisch gebundene Schleifmittel
pH-Wert	-	7,0–9,0	6,5–9,5	feuerfeste Steine, Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Aluminium	mg/l	< 2	–	keramisch gebundene Schleifmittel
Barium	mg/l	< 1,0 ²	–	Sanitärkeramik, Ofenkacheln
<u>Blei</u>	mg/l	< 0,010–0,1 < 0,1–0,3	0,5	Tischkeramik, Sanitärkeramik keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
<u>Cadmium</u>	mg/l	< 0,001–0,01	0,05	Tischkeramik, Sanitärkeramik
Chrom (gesamt)	mg/l	< 0,003–0,02	0,1	Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Cobalt	mg/l	< 0,001–0,02	0,1	feuerfeste Steine, Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Kupfer	mg/l	< 0,005–0,02 < 0,05 ≤ 0,1	0,1	Sanitärkeramik, Ofenkacheln Tischkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel Tischkeramik: bei überwiegendem Anteil kupferhaltiger Glasurfarben
<u>Nickel</u>	mg/l	< 0,010 < 0,05	0,1	Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln Tischkeramik
Zinn	mg/l	< 0,1	–	Ofenkacheln
Zink	mg/l	< 0,01–2,0	2,0	Tischkeramik, Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Fluorid	mg/l	< 1 < 3	20	Tischkeramik, Ofenkacheln keramisch gebundene Schleifmittel
Sulfat	mg/l	< 110	–	keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Sulfid	mg/l	< 1	–	Ofenkacheln

Parameter (<u>unterstrichen</u> : prioritäre Stoffe gem. RL 2013/39/EU)	Einheit	Stand der Technik – Emissionswerte, Chargenmischprobe¹ Einleitung in die öffentli- che Kanalisation (in die kommunale Kläranlage)	AEV Industrie- minerale (1997), Indirekt- einleitung	Anwendungsbereiche
CSB	mg/l	–	–	Sanitärkeramik, keramisch gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
∑ Kohlenwasser- stoffe ³	mg/l	< 0,1–5 < 15	20	feuerfeste Steine, Tischkeramik, Ofen- kacheln keramisch gebundene Schleifmittel
Phenolindex (be- rechnet als Phenol)	mg/l	< 0,1 < 3	10	feuerfeste Steine, Tischkeramik keramisch gebundene Schleifmittel
AOX	mg/l	< 0,05	–	feuerfeste Steine, Ofenkacheln
Formaldehyd	mg/l	< 0,03–0,5	–	keramisch gebundene Schleifmittel
PAK 16 ⁴	mg/l	< 2–7 ⁵	–	keramisch gebundene Schleifmittel
<u>Naphthalin</u>	mg/l	< 2–7 ⁵	–	keramisch gebundene Schleifmittel

¹ repräsentative Stichprobe für Temperatur, pH-Wert, abfiltrierbare Stoffe; für alle anderen Parameter: nicht abgesetzte homogenisierte Mischprobe der eingeleiteten Abwassercharge bzw. mengenproportionale Tagesmischprobe, repräsentativ für den gesamten Betriebswasseranfall.

² Bei niedrigen Abwassermengen kann die Fracht auf 10 g/d begrenzt sein.

³ Der Parameter „Summe der Kohlenwasserstoffe“ wird zukünftig durch den Parameter „Kohlenwasserstoff-Index“ ersetzt.

⁴ Summe von: Naphthalin (PAK), Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]-u.-[k]fluoranthren, Benz[a]pyren, Indeno[1,2,3,c,d]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylene.

⁵ Bei niedrigen Abwassermengen kann die Fracht auf 8 kg/a und 2 kg pro Quartal begrenzt werden.

Energieeffizienz und Energieverbrauch

In den Anlagen werden Brennstoffe (meist Erdgas) für die Öfen und teilweise für Trockner und Abgas-Nachverbrennungsanlagen verbraucht.

Elektrischer Strom wird insbesondere für die Aufbereitung und Formgebung (z. B. Pressen), gegebenenfalls für die elektrische Beheizung von Öfen und Trocknern, Nachbearbeitung und Materialtransport benötigt.

Stand der Technik ist die Anwendung einer Kombination der folgenden Maßnahmen und Techniken:

- generell**
 - Gestufte Nutzung der Abwärme von Abgas mit hoher Temperatur für Verbraucher mit unterschiedlichen Temperaturniveaus;
- Trocknen der Rohlinge**
 - Verwendung von Abwärme zum Trocknen der ungebrannten Rohlinge aus folgenden Quellen:
 - Erwärmte Kühlluft aus der Kühlzone des Tunnelofens,
 - Wärme des Rauchgases aus der Brennzone (Sinterzone) des Tunnelofens: direkt, über Wärmetauscher oder über Übertragung der Wärme auf Thermalöl,
 - Abwärme aus diskontinuierlich betriebenen Brennöfen,
 - erwärmte Kühlluft von Decken-, Mantel-, Fahrgestellkühlung und/oder einem Nachkühler,
 - Wärme aus Blockheizkraftwerken (zur Eigenstromerzeugung);

- Einsatz von Durchlauftrocknern (Tunnelrocknern) mit Gegenstromprinzip (Materialfluss – Wärmefluss);
- Nutzung von Abwärme des Brennofens zum Beheizen der Hallen, in denen Formlinge an der Luft getrocknet werden;
- Minimierung der Aufenthaltsdauer von getrockneten, warmen Rohlingen in der Halle und Warmhalten in einer Warmhaltezone;
- Verwendung von Rauchgas aus der Vorwärmzone (Aufheizzone) des Tunnelofens zum Warmhalten von getrockneten Rohlingen in einer Warmhaltezone;
- Verwendung von Abstrahlungswärme des Tunnelofens zum Warmhalten von getrockneten Rohlingen;
- Brennen von keramischen Produkten in einem Tunnelofen mit Gegenstromprinzip (Materialfluss – Wärmefluss), sodass in der Vorwärmzone (Aufheizzone) die Rohlinge durch das heiße Rauchgas erhitzt werden;
- regelmäßige Optimierung der Ofenprogramme hinsichtlich Temperatur, Brenndauer und Setzweise des Materials auf den Ofenwagen;
- bedarfsorientierte Brennstoffzufuhr zum Ofen auf Basis einer laufenden Temperaturmessung am Brenngut;
- Ausgestaltung des Tunnelofens mit einem Stahlmantel um die Schamotteausmauerung, um eindringende Falschlufte zu minimieren;
- regelmäßige Wartung und bei Bedarf Sanierung von Schließtüren und Feuerraum des Brennofens;
- Vorwärmung der Verbrennungsluft für den Brennofen durch den Wärmeinhalt des Rauchgases (Wärmetauscher);
- Verwendung von erwärmter Kühlluft aus der Kühlzone des Tunnelofens als vorgewärmte sekundäre Verbrennungsluft;
- Verwendung von erwärmter Kühlluft aus Decken-, Mantel-, Fahrgestellkühlung und/oder Nachkühler als vorgewärmte Verbrennungsluft im Tunnelofen;
- Einsatz einer regenerativen thermischen Verbrennungsanlage (RNV) statt TNV für die Behandlung des Rauchgases;
- Bei Einsatz einer TNV:
 - Vorwärmung des Rohabgases durch das Reingas (Wärmetauscher),
 - Abwärmeverstromung (ORC-Anlage) mit Hilfe eines Thermalöl-Abgas-Wärmetauschers;
- Eindüsung von Methan direkt in die Brennkammer bei geringer Schadstoffkonzentration und ausreichend hoher Temperatur; dadurch kann der Brenner auf Minimallast zurückgefahren werden; aus der gleichzeitigen Reduktion der Zufuhr von kühler Brennerluft resultiert eine Gasverbrauchseinsparung;
- Nutzung der Restwärme des Reinabgases für Heizungssystem bzw. Warmwasseraufbereitung des Werkes;
- Trocknen von nassbearbeiteten, gebrannten Produkten unter Verwendung von Ofenabwärme;
- Verwendung von elastischer Verpackungsfolie statt eines erdgasbetriebenen Schrumpfrahmens zur Verpackung;
- Trocknen von Gipsformen unter Nutzung von Abwärme des Brennofens;

Warmhalten von getrockneten Rohlingen

Brennofen

Vorwärmen der Verbrennungsluft

bei Nachverbrennung

Nachbearbeitung, Verpackung und Gipsformen-Herstellung

**Heizung und
Warmwasser-
aufbereitung**

- Nutzung von Wärme bzw. Abwärme für die Beheizung von Produktionshallen und Büros und für die Warmwasseraufbereitung aus folgenden Quellen:
 - Abwärme aus der Wasserkühlung des Unterwagenbereichs im Tunnelofen (Wärmetauscher),
 - Wärme im Abgas des Brennofens (Rekuperator),
 - Abwärme aus der Kühlzone des Tunnelofens (Wärmetauscher),
 - Nutzung der Wärme aus Blockheizkraftwerken (zur Eigenstromerzeugung).

Eine Darstellung der erreichbaren spezifischen Energieverbrauchswerte pro Tonne Produkt ist der nachfolgenden Tabelle H zu entnehmen.

Tabelle H: Erreichbare spezifische Energieverbrauchswerte in der Keramikindustrie, bezogen auf Tonne Produkt auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Parameter	Einheit	Stand der Technik – Verbrauchswerte	Anwendungsbereiche
Brennstoff	GJ/t	0,9–1,5 ¹	Hintermauerziegel
		2,5–3,5	Dachziegel, Klinker
		2,5–12	feuerfeste Steine (Tunnelöfen)
		18–40	feuerfeste Steine (diskont. Öfen), Sanitärkeramik, techn. Keramik, keram. gebundene Schleifmittel, Ofenkacheln
Strom	GJ/t	0,1–0,5	Ziegel
		0,1–5	andere keramische Produkte (ausgenommen keramisch gebundene Schleifmittel)

¹ Bei Rohstoffmischungen mit hohem Kalkanteil bis 2,5 GJ/t

Ressourcenverbrauch, Ressourceneffizienz und Abfälle

Wasser

Bei Anlagen zur Herstellung von Ziegeln (Hintermauerziegel, Klinker und Dachziegel) werden Prozessabwässer vollständig im Kreislauf geführt bzw. für die Rohstoffaufbereitung weiterverwendet, es werden daher keine Abwässer eingeleitet. Bei Bedarf wird eine Aufbereitung des Wassers durch Abtrennung von Feststoffen durchgeführt.

In den anderen Bereichen der Keramikindustrie ist die Kreislaufführung von Prozesswasser – gegebenenfalls mit einer Aufbereitung des gebrauchten Wassers durch Abtrennung von Feststoffen vor der Rückspeisung – Stand der Technik. Zur Erhaltung der notwendigen Wasserqualität wird bei Bedarf ein Teil des Abwassers ausgeschleust und nach einer entsprechenden Abwasserbehandlung (siehe Abschnitt „Abwasseremissionen“) in die Kanalisation eingeleitet.

**Rohstoffe,
Hilfsstoffe, Stäube,
Schlämme und
Verpackung**

In den Anlagen fallen ungebrannte Materialabfälle und gebrannte Keramikabfälle (Bruchmaterial) an, außerdem Staub aus Entstaubungsanlagen, Schleifschlämme sowie sedimentierte bzw. abfiltrierte Schlämme aus der Abwasserbehandlung.

Stand der Technik für ungebrannte Materialabfälle aus der Rohstoff-Aufbereitung und Formgebung ist es, diese wieder in die Rohstoffaufbereitung rückzuführen oder sachgerecht zu entsorgen.

Für gebranntes Bruchmaterial, Schleifstaub und Schleifgranulat ist ebenfalls die Rückführung in die Rohstoffaufbereitung Stand der Technik, soweit dies produkttechnisch möglich ist. Bei Bedarf wird zuvor eine Zerkleinerung in einer Mühle durchgeführt. Bei Verwendung unterschiedlicher Rohstoffe erfolgt gegebenenfalls eine Analyse und sortenreine Trennung des Bruchmaterials und Staubes vor der Wiederverwendung als Rohmaterial. Wenn eine Rückführung von Bruchmaterial aus produkttechnischen Gründen nicht erfolgen kann, ist die Trennung und Aufbereitung für andere Produktionsprozesse (auch durch externe Unternehmen) Stand der Technik.

Nicht recycelbare Stäube, nicht mehr verwendbare Gipsformen und entwässerte Schleifschlämme bzw. Schlämme aus der Abwasserbehandlung werden an ein befugtes externes Unternehmen zur Entsorgung übergeben.

Stand der Technik für die Verpackung der Produkte ist bei Ziegeln der Einsatz wiederverwendbarer Holzpaletten (z. B. mit Pfand- bzw. Austauschsystem), für Chips als Verpackungsmaterial das Organisieren der Rückgabe durch Firmenkunden zur Wiederverwendung als Verpackungsmaterial.

Eine Auswahl der erreichbaren spezifischen Ressourcenverbrauchswerte ist der nachfolgenden Tabelle J zu entnehmen.

Tabelle J: Erreichbare spezifische Ressourcenverbrauchswerte in der Keramikindustrie, bezogen auf Tonne Produkt auf Basis österreichischer Anlagen (Quelle: Umweltbundesamt).

Ressource	Einheit	Stand der Technik – Verbrauchswerte	Anwendungsbereiche
Wasser	m ³ /t	0,01–0,1	Hintermauerziegel, Klinker
	m ³ /t	0,02–0,1	Dachziegel
	m ³ /t	0,01–6	feuerfeste Steine, technische Keramik, keramisch gebundene Schleifmittel
	m ³ /t	< 5–15	Sanitärkeramik
Rohstoffverbrauch pro Tonne Produkt	t/t	1,1–1,5	Ziegel, feuerfeste Steine, technische Keramik
Gips für Formen	t/t	0,1–0,2	Sanitärkeramik
Kalk für Schüttschichtfilter	t/t	0,001–0,02	Keramikindustrie (Anlagen mit Kalk-Schüttschichtfilter)

STATE OF THE ART

Aim of study The aim of this study is to describe the state of the art in installations for the manufacture of ceramic products by firing, in view of the revision of the BREF document on the Ceramic Manufacturing Industry of 2007.

The basis for this study is provided by the chapters dedicated to the individual plants, with process descriptions and emission control measures, as well as a comparison of actual plant-specific emissions (including monitoring) against the limit values specified in the relevant permits and ordinances of 1993 and 1997 and the BAT values specified in the BREF document of 2007.

Content of study The study describes Austrian installations for the manufacture of bricks, roofing tiles and refractory bricks with a production capacity exceeding 75 tonnes per day and/or with a kiln capacity exceeding 4 m³ and with a setting density per kiln exceeding 300 kg/m³ which fall under the regime of the Industrial Emissions Directive (Annex I point 3.5; Industrial Emissions Directive 2010/75/EU – IED), as well as 'IPPC installations' falling under the somewhat different definition of the Trade Act 1994 (GewO Annex 3, type of installation 3.5).

Austrian installations for sanitary ware, table and ornamental ware, technical ceramics, expanded clay aggregates, inorganic bonded abrasives and stove tiles which are not classified as 'IPPC installations' under the Trade Act 1994 are also described.

As regards the environmental impact of the ceramic manufacturing industry, emissions to air and water are considered, as well as emission control measures and measures aimed at energy consumption and energy efficiency, resource consumption and waste.

The ceramics industry in Austria and applied technologies

The subsectors of the ceramics industry which are represented in Austria include the manufacture of the following products:

- Building bricks: clay blocks and facing bricks
- roofing tiles
- refractory bricks
- expanded clay aggregates
- table and ornamental ware
- sanitary ware
- technical ceramics
- inorganic bonded abrasives
- stove tiles.

Clay blocks, facing bricks and roofing tiles

For the manufacture of clay blocks, raw material (clays, as well as loams and marls) is extracted from the quarry, crushed, milled and mixed with pore-forming agents (e.g. paper pulp, sawdust) and stored for a few days. Usually water is added. The raw bricks are shaped using extrusion presses. Then the water content is reduced in a dryer and the material is fired in a tunnel kiln at temperatures of between 850 °C and 950 °C. Sometimes grinding is used to obtain an even surface.

For the manufacture of clinker (facing bricks), no pore-forming agents are added and firing takes place in the tunnel kiln at a higher temperature (between 1,060 °C and 1,080 °C).

Roof tiles are also manufactured without using a pore-forming agent. Shaping can be carried out using an extrusion or pressing process. Prior to the firing process in the tunnel kiln, engobe or glaze is often applied. The firing temperature is around 1,050 °C.

For the manufacture of refractory bricks, sintered magnesia, chrome ores, clays, silicium carbide, light weight chamotte, perlite and many other raw materials are used, depending on the product. Sometimes the material is crushed and milled on-site to obtain the required grain size, and then mixed according to the formula. Pore-forming agents are not used, except for stove chamotte. Shaping takes place in presses using metal moulds. After air drying, or using a dryer, firing takes place in tunnel kilns or in discontinuously operated shuttle kilns at temperatures of between 1,400 °C and 1,850 °C (depending on the product), for stove chamotte between 900 °C and 1,050 °C. Sometimes subsequent treatment is carried out e.g. cutting, grinding or soaking.

Refractory bricks

For the manufacture of expanded clay aggregates, clay is crushed and mixed with auxiliaries for expanding. The material is passed through a drying kiln and then placed in a rotary kiln, where the product receives its ball-shaped form, and fired at a temperature of 1,200 °C. The Austrian plant which produces expanding clay aggregates is not an IPPC installation within the meaning of the Austrian Trade Act.

Expanded clay aggregates

For the manufacture of table and ornamental ware, a ceramic mass consisting of clay, kaolin, feldspar or quartz is kneaded to obtain an extrusion paste, or processed to obtain a casting or pressure casting slip. Shaping is carried out in plaster or plastic moulds, and other components are added manually in a garnishing step. After drying, the first firing (biscuit firing) takes place at around 1,000 °C in a discontinuously operated shuttle kiln. Then glaze is applied by dipping and painting, and a second firing process (glost firing) is conducted at temperatures of between 1,000 °C and 1,380 °C. Sometimes the ware is decorated after glost firing, in which case it is fired again at temperatures of between 720 °C 1,200 °C (on-glaze or decoration firing); this can be carried out several times in the case of multi-coloured patterns. The Austrian facilities for the manufacture of table and ornamental ware are not IPPC installations under the Austrian Trade Act.

Table and ornamental ware

The raw materials for the manufacture of sanitary ware are kaolin, clays, hard materials and chamotte mixtures, which are mixed according to the formulation and with water to prepare a slip which is cast into plaster moulds. After drying, glaze is applied by spraying and the material is fired in tunnel kilns at temperatures of between 1,220 °C and 1,240 °C. Grinding is applied to the mounting surfaces and some products are cut to desired length. The Austrian plants for the manufacture of sanitary ware are not IPPC installations within the meaning of the Trade Act.

Sanitary ware

Technical ceramics For technical ceramics a wide variety of raw materials (e.g. silicates) are used in product-specific mixtures. Shaping takes place in metal moulds in a dry pressing process. In some cases, glaze is applied to technical ware. The dried bodies are treated mechanically where required, pre-fired where necessary and then sintered in discontinuously operated kilns. Any subsequent mechanical treatment depends on the product, e.g. scraping to remove burrs, cutting or grinding. The Austrian plants for the manufacture of technical ceramics are not IPPC installations under the Austrian Trade Act.

Inorganic bonded abrasives Abrasive grain is mixed with raw materials for ceramic bonding, colouring pigments, pore-forming and temporary binding agents (to keep the formed material in shape until firing). The material undergoes a drying process and is fired at a temperature depending on the material (between 850 °C and 1,300 °C). For this purpose, either continuously or discontinuously operated kilns are used. Subsequent treatment of the abrasives is carried out mechanically. The Austrian facilities for the manufacture of inorganic bonded abrasives are not IPPC installations under the Austrian Trade Act.

Stove tiles For stove tiles, clays and chamotte are mixed with mineral additives and water to produce a clay slip which is cast into plaster moulds. After demoulding the ware is dried and glazed. The tiles are fired at about 1,050 °C in discontinuously operated shuttle kilns. To some of the products subsequent treatment is applied in the form of grinding. The Austrian facilities for the manufacture of stove tiles are not IPPC installations under the Austrian Trade Act.

Emission control measures at plants for the manufacture of ceramic products

Exhaust air from the dryers of the green ware, and flue gas from kilns for the firing of ceramic products is either treated thermally or passed through cascade-type bed absorbers or fabric filters, depending on the raw materials and auxiliaries that have been used.

In kilns with firing temperatures of 1,400 °C and above, low NO_x burners are partially used.

Exhaust air from dusty operations is usually cleaned using fabric filters. Fibre dust is further reduced by an absolute filter.

Thermal oxidation TO For thermal oxidation (TO), exhaust gas (polluted with organic compounds) from drying or from the firing kilns undergoes thermal treatment in a combustion chamber at temperatures of usually between 750 °C and 850 °C (temperatures vary according to the type of the equipment and the subsector), a process during which organic substances are destroyed. If the raw gas concentration is not sufficiently high, auxiliary firing using natural gas is necessary. The state of the art for the use of waste heat from exhaust gas cleaning is described in the “Energy efficiency and energy consumption” section.

Regenerative thermal oxidation RTO Regenerative thermal oxidisers (RTO) use heat exchanger vessels through which the hot clean gas is passed. The heat is then used to preheat the raw gas which is passed through in counter current flow. With three-chamber systems, emission peaks during the flow changes can be avoided as the vessel is purged before switching back to clean gas. Auto-thermal RTO operation without auxiliary firing is possible if the concentration of organic substances is sufficiently high. At lower concentrations, auxiliary firing using natural gas is necessary.

Fabric filters are used to reduce dust emissions and to reduce any heavy metals that may be contained in the dust. Fabric filters are used in raw material processing, delivery and storage, in shaping and in subsequent mechanical treatment processes.

Fabric filters

Additionally, fabric filters are used in the manufacture of refractory bricks to reduce dust emissions from tunnel kilns.

Cascade-type packed bed absorbers are used to absorb the acidic components of the flue gas emitted from the firing kilns, especially hydrogen fluoride, as well as hydrogen chloride and sulphur oxides. The exhaust gas is passed through a absorbant layer of calcium hydroxide or limestone. The absorbent is removed and replaced continually or periodically, or the surface containing the absorbed pollutants is peeled off in a peeling drum and the limestone reused in the packed bed.

Cascade-type packed bed absorbers

In kilns with firing temperatures of 1,400 °C and above, low NO_x burners are sometimes used. Various low NO_x burners achieve NO_x emission reductions through specific burner designs by reducing the maximum flame temperature, allowing short residence periods in the high temperature zone and/or by reducing oxygen availability in the firing zone through air staging, fuel staging and/or internal flue gas recirculation.

Low NO_x burners

State of the art

Monitoring and reference conditions for emissions to air

Emissions are stated with specification of the averaging period, and expressed as mass concentrations of air pollutants in milligrams per standard cubic metre (mg/Nm³), referring to the flue gas volume flow under standard conditions (273 K, 1,013 hPa) after deducting the moisture content of water vapour. For flue gas from firing kilns (after thermal flue gas treatment), the corresponding reference oxygen level is indicated.

As for the averaging periods, half-hourly mean values are given for periodic measurements and half-hourly and/or daily mean values in the case of continuous monitoring.

At IPPC plants, emissions should be measured once every year at channelled emission sources.

Monitoring intervals

Where dedusting is applied at exhaust air volume flows below 10,000 Nm³/h, emissions from IPPC plants are either measured regularly at intervals of two or three years, or maintenance takes place on the exhaust air filter unit once every year. At these dust sources, the frequency of the measurements or performance checks depends on whether a maintenance management system is in place.

At plants which are not IPPC installations under the Trade Act 1994, emissions from channelled emission sources should be measured annually or every two or three years.

Kilns for the firing of bricks, refractory bricks, sanitary ware and technical ceramics

Emissions from raw materials and pore-forming agents

During firing in tunnel kilns or in discontinuously operated kilns, emissions are released from the raw materials (depending on the product: dust, gaseous and solid fluoride compounds, hydrogen chloride, sometimes carbon monoxide, sulphur oxides or heavy metals), and arise especially from the raw materials and pore-forming agents that are used in the process (depending on the product: TVOCs, aliphatic aldehydes such as ethanal and methanal, benzene, phenol, ethenylbenzene, PAHs).

Nitrogen oxides are mainly formed because of the high firing temperatures. Carbon monoxide is formed during combustion processes.

Emission values associated with state of the art are shown below in Table A (inorganic chemical parameters), Table B (organic chemical parameters) and Table C (heavy metal emissions from kilns for the firing of refractory bricks and sanitary ware) based on Austrian installations.

Table A: Emission values associated with state of the art for kilns for the firing of ceramic products, emissions to air, inorganic-chemical parameters based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
Dust	< 1 – 10	18 % ¹	Fabric filters	Refractory bricks, technical ceramics
	0.1 – 20	18 %	None or ESP (electrostatic precipitator)	Bricks ² , sanitary ware, refractory bricks
CO	to be established ³	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks, roof tiles
	to be established ⁴	18 %	None	
	< 2 – 15	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Refractory bricks
	≤ 25 – 50	18 %	None	
NO _x (stated as NO ₂)	30 – 200 ⁵	18 %	None	Building bricks ² (fired in kilns <u>without</u> thermal oxidation)
	< 60 – 220 (< 30 – 110)	15 % (18 %)	None	Clay blocks (fired in kilns <u>with</u> thermal oxidation)
	< 15 – 80	18 %	None or low NO _x burners	Refractory bricks (fired in batch kilns, partially with thermal oxidation during the heating-up phase)
	< 175 – 500 ⁶ < 140 – 400	17 % 18 %	None	Refractory bricks (fired in continuously operated kilns)
SO _x (stated as SO ₂)	0.1 – 250 ⁵	18 % ¹	None or cascade-type packed bed absorbers (calcium hydroxide or limestone)	Ziegel ² , feuerfeste Steine, technische Keramik, Sanitärkeramik
	In case of a high sulphur content in the ceramic raw material mixture (≤ 0.35 %, calc. as S) or bonding agent: ≤ 500	18 %	Clay blocks: Admixture of low-sulphur material Adding limestone or fired lime to raw material mixture	Clay blocks, refractory bricks ⁷

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
HCl	< 0.1 – 5	18 %	Cascade-type packed bed absorbers (calcium hydroxide or limestone)	Building bricks ² , refractory bricks, sanitary ware
	< 2 – 15	18 %	Cascade-type packed lime absorbers (calcium hydroxide or limestone)	Roof tiles, facing bricks ⁸
	< 0.1 – 10	18 %	None	Clay blocks, sanitary ware
HF	< 0.04 – 2	18 %	None or cascade-type packed lime absorbers (calcium hydroxide or limestone)	Bricks ² , refractory bricks, sanitary ware, technical ceramics
Fluoride in dust	< 0.1	18 %	None	Roof tiles

¹ At some plants, emission limit values refer to an oxygen level of 17 %.

² Building bricks include clay blocks, facing bricks and roof tiles.

³ The available measured values of two Austrian installations with RTO are between 26 mg/Nm³ and 151 mg/Nm³.

⁴ The available measured values from two Austrian installations (with a total of three emissions sources) without thermal exhaust gas cleaning are between 53 mg/Nm³ and 142 mg/Nm³.

⁵ The upper value is based on information from the Austrian Brick Maker Association.

⁶ At lower temperatures, NO_x emissions are in the lower range; at higher temperatures they are in the upper range.

⁷ includes a manufacturing site of RHI Magnesita in Germany as a reference

⁸ Limited choice of raw materials for roof tiles and clinker as they must not contain lime (due to product specifications).

Table B: Emission values associated with state of the art for kilns for the firing of ceramic products, organic chemical parameters, emissions to air based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
TVOC	< 2 – 15	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks
	< 5 – 60	18 %	None	
	< 1 – 4	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Refractory bricks, facing bricks, roof tiles
	< 2 – 30	18 %	None	
Ethanal (Acetaldehyde)	< 1 ¹	18 %	None or thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO), reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow ≥ 0,3 kg/h, refractory bricks
	< 20	18 %	None or reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow < 0,3 kg/h
Methanal (Formaldehyde)	< 2 ¹	18 %	None or thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO), reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow ≥ 0,3 kg/h, refractory bricks
	< 20	18 %	None or reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow < 0,3 kg/h

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
Sum of aliphatic aldehydes	< 0.5 – 3	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks
	< 1 – 6	18 %	None or reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow ≥ 0,3 kg/h, facing bricks
	< 20	18 %	None or reducing the proportion of sawdust as pore-forming agent	Clay blocks at mass flow < 0,3 kg/h
Benzene	< 0.1 – 0.2	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks, refractory bricks
	< 0.1 – 3.0 ¹	18 %	None	Clay blocks, facing bricks
Phenol	< 0.01 – 0.4	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks, refractory bricks
	0.01 – 1.5	18 %	None	Clay blocks, facing bricks
Ethenyl benzene (styrene)	< 0.06 – 0.4	18 %	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)	Clay blocks, refractory bricks
	0.003 – 2	18 %	None	Clay blocks at mass flow ≥ 0,1 kg/h, facing bricks
	< 10	18 %	None	Clay blocks at mass flow < 0,1 kg/h

¹ including further member companies of the Austrian Brick Maker Association

Table C: Emission values associated with state of the art for kilns for the firing of refractory bricks and sanitary ware, heavy metal emissions based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
Pb + compounds, particle bound and filterable (calc. as Pb)	< 0.05	17 %	Fabric filter	Refractory bricks
Cr(VI) compounds (calc. as Cr)	< 0.001 – 0.025 ¹	17 %	Fabric filter	Refractory bricks (when using chromium containing materials)
Cr + compounds, particle bound and filterable (calc. as Cr)	< 0.005 – 0.2	17 %	Fabric filter	Refractory bricks (when using chromium containing materials)
Cr + compounds, particulate matter (calc. as Cr)	< 0.003 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware
Co + compounds, particulate matter (calc. as Co)	< 0.001 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware
Mn + compounds, particulate matter (calc. as Mn)	< 0.005 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware
Ni + compounds, particulate matter (calc. as Ni)	< 0.0005 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels	Fields of application
Sb + compounds, particulate matter (calc. as Sb)	< 0.001 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware
Sn + compounds, particulate matter (calc. as Sn)	< 0.001 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware
V + compounds, particulate matter (calc. as V)	< 0.005 – 0.1	18 %	Fabric filter	Sanitary ware

¹ Upper value based on Limit Value Ordinance 2011 (GKV 2011)

Dusty operations and dryers without connection to the kiln

Process dust arises from raw material processing, delivery and storage, from shaping and from subsequent mechanical treatment. Emissions representing the state of the art are shown in Table D.

Emissions from dryers used for raw materials and unfired green ware in state of the art manufacturing of refractory bricks are shown in Table E.

Table D: Emission values associated with state of the art dedusting units for raw material processing, delivery and storage, for shaping and subsequent mechanical treatment based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels, half-hourly mean	Control measures which can be used to achieve these levels
Dust (mg/Nm ³)	< 0.2 – 10	Fabric filter
Fibre dust (F/m ³)	< 15,000	Combination of fabric filter and absolute filter

F/m³: Fibres per m³

Table E: Emission values associated with state of the art dryers for raw materials and unfired green ware in the manufacturing of refractory bricks based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), half-hourly mean	Reference oxygen level	Control measures which can be used to achieve these levels
Dust	< 0.2 – 10	O ₂ as measured	Fabric filter
CO	< 10	O ₂ as measured	None
NO _x (stated as NO ₂)	< 10	O ₂ as measured	None

Drying kilns and firing kilns for the manufacture of inorganic bonded abrasives

In the manufacture of inorganic bonded abrasives, flue gas from tunnel kilns and discontinuously operated firing kilns is combined with exhaust gas from the drying kilns to undergo thermal oxidation. Emissions arise from the raw materials (dust, hydrogen fluoride, hydrogen chloride, sometimes carbon monoxide) or from auxiliary materials (organic substances). Nitrogen oxides are mainly caused by the high firing temperatures. Carbon monoxide is formed during combustion processes. Emissions representing state of the art are shown in Table F.

Table F:
Emission values
associated with state of
the art for drying kilns
and firing kilns for
inorganic bonded
abrasives (flue gases of
connected dryers and
kilns) based on Austrian
installations (Source:
Umweltbundesamt)

Parameter	State of the art – emission levels (mg/Nm ³), HMW	Reference oxygen level ¹	Control measures which can be used to achieve these levels
Dust	< 2 – 5 (< 1 – 4)	17 % or O ₂ as measured (18 %)	None
CO	< 2 – 80 (< 5 – 100)	O ₂ as measured (18 %)	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)
TVOC	1 – 15 (< 1.5 – 20)	O ₂ as measured (18 %)	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)
PAH ²	< 0.01 (< 0.012)	O ₂ as measured (18 %)	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)
Naphthaline	< 0.01 (< 0.010)	O ₂ as measured (18 %)	Thermal exhaust gas cleaning (TO, RTO)
NO _x (stated as NO ₂)	< 10 – 100 (< 20 – 120)	O ₂ as measured (18 %)	None
SO _x (stated as SO ₂)	< 1 – 5 (< 1 – 4)	17 % (18 %)	None
HCl	< 1 – 5 (< 1 – 4)	17 % or O ₂ as measured (18 %)	None
HF	0.6 – 2.0 (< 0.5 – 1.5)	17 % or O ₂ as measured (18 %)	None

¹ Emission limit values are set at oxygen levels as measured (and at 17 % O₂ in some cases). The measured oxygen levels range between 18.4 % and 19.6 %. In addition, the levels in the table have been converted into a standard reference oxygen content of 18 % (values in brackets).

² Sum of: naphthaline, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benzo(nj)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenz(a,h/a,c)anthracene, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyrene

Waste water emissions

Mainly indirect discharges

Waste water from the manufacture of refractory bricks, sanitary ware, technical ceramics, inorganic bonded abrasives and stove tiles which cannot be further recirculated, or cannot be recirculated at all, is mostly discharged into public sewers (municipal sewage treatments plants).

Excluded from this is thermally loaded cooling water, used in particular for continuous cooling with heat exchangers (especially presses for shaping), which is sometimes passed through an oil separator as a safety measure, and discharged directly afterwards (into surface water or groundwater).

At plants for the manufacture of bricks, process water is recirculated or reused for raw material processing and there is no waste water discharge.

Where the process waste water comes from

For the manufacture of refractory bricks, technical ceramics and inorganic bonded abrasives, process waste water arises mainly during subsequent treatment (e.g. wet grinding, cutting) and during the cleaning of containers and components in the raw material mixing area.

Process waste waters from the manufacture of table and ornamental ware, sanitary ceramics and stove tiles arise mainly from cleaning, but also from shaping, grinding and glazing, the production of plaster moulds and the final cleaning of the products.

Waste water may also arise from other aggregates such as compressors.

For waste water from the manufacturing process, pre-treatment (prior to final treatment in an external waste water treatment plant) using physical or physico-chemical treatment processes is state of the art for indirect waste water discharges. Pre-treatment may involve a combination of the treatment steps shown below. (Listed removal techniques are especially effective for the parameters shown in bold.)

- Sedimentation (**total suspended solids**, COD, hydrocarbons);
- Flotation (**total suspended solids**, COD, hydrocarbons);
- Flocculation and precipitation (**metals**, **phosphorus**, COD, hydrocarbons, AOX);
- Neutralisation (**pH value**);
- Filtration (**total suspended solids**, COD);
- Oil-water separation (**hydrocarbons**).

Treatment

State of the art for batch discharges is comprehensive self-monitoring of all relevant waste water parameters using a representative sample of the discharged waste water volume. The frequency of single parameter measurements is adapted to the environmental relevance of the substances.

State of the art for continuous discharges is comprehensive self-monitoring of all relevant waste water parameters using an unsettled homogenised qualified two-hour composite sample or a qualified spot sample which is representative of the entire amount of process water generated. Spot samples should be taken to determine the temperature, total suspended solids, pH value and chromium VI. The frequency of single parameter measurements is adapted to the environmental relevance of the substances.

External monitoring should take place once every six months or once every year. External monitoring should always be carried out on representative production days with a correspondingly high level of capacity utilisation.

Achievable emission levels for indirect discharges of waste water from the manufacture of refractory bricks, table and ornamental ware, sanitary ware, inorganic bonded abrasives and stove tiles are shown in Table G.

Monitoring frequencies for self and external monitoring

Table G: Emission values associated with state of the art for indirect discharges of process waste water from the manufacture of refractory bricks, table and ornamental ware, sanitary ware, stove tiles and inorganic bonded abrasives based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

Parameters (underlined: priority substances acc. to Directive 2013/39/EU)	Unit	State of the art – emission levels, Batch composite sample¹ Discharge into public sewers (municipal sewage treatment plant)	Waste water or- dinance on industrial minerals (1997), indirect discharge	Fields of application
Temperature	°C	< 30	35	Refractory bricks, table and ornamental ware, sanitary ware, inorganic bonded abrasives
Total suspended solids	mg/l	< 10 – 60	70	Refractory bricks, table and ornamental ware, inorganic bonded abrasives
Settleable substances	ml/l	< 0.1 < 0.1 – 2	–	Stove tiles Inorganic bonded abrasives
pH value	-	7.0 – 9.0	6.5 – 9.5	Refractory bricks, table and ornamental ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles
Aluminium	mg/l	< 2	–	Inorganic bonded abrasives
Barium	mg/l	< 1.0 ²	–	Sanitary ware, stove tiles
<u>Lead</u>	mg/l	< 0.010 – 0.1 < 0.1 – 0.3	0.5	Table and ornamental ware, sanitary ware inorganic bonded abrasives, stove tiles
<u>Cadmium</u>	mg/l	< 0.001 – 0.01	0.05	Table and ornamental ware, sanitary ware
Chromium (total)	mg/l	< 0.003 – 0.02	0.1	Table and ornamental ware, sanitary ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles
Cobalt	mg/l	< 0.001 – 0.02	0.1	Refractory bricks, table and ornamental ware, sanitary ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles
Copper	mg/l	< 0.005 – 0.02 < 0.05 ≤ 0,1	0.1	Sanitary ware, stove tiles Table and ornamental ware, inorganic bonded abrasives Table ware: when using mostly copper containing glazes
<u>Nickel</u>	mg/l	< 0.010 < 0.05	0.1	Sanitary ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles Table and ornamental ware
Tin	mg/l	< 0.1	–	Stove tiles
Zinc	mg/l	< 0.01 – 2.0	2.0	Table and ornamental ware, sanitary ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles
Fluoride	mg/l	< 1 < 3	20	Table and ornamental ware, stove tiles Inorganic bonded abrasives
Sulphate	mg/l	< 110	–	Inorganic bonded abrasives, stove tiles
Sulphide	mg/l	< 1	–	Stove tiles
COD	mg/l	–	–	Sanitary ware, inorganic bonded abrasives, stove tiles

Parameters (underlined): priority substances acc. to Directive 2013/39/EU)	Unit	State of the art – emission levels, Batch composite sample¹ Discharge into public sewers (municipal sewage treatment plant)	Waste water or- dinance on industrial minerals (1997), indirect discharge	Fields of application
Σ Hydrocarbons ³	mg/l	< 0.1 – 5 < 15	20	Refractory bricks, table and ornamental ware, stove tiles Inorganic bonded abrasives
Phenol index (cal- culated as phenol)	mg/l	< 0.1 < 3	10	Refractory bricks, table and ornamental ware Inorganic bonded abrasives
AOX	mg/l	< 0.05	–	Refractory bricks, stove tiles
Formaldehyde	mg/l	< 0.03 – 0.5	–	Inorganic bonded abrasives
<u>PAH 16</u> ⁴	mg/l	< 2 – 7 ⁵	–	Inorganic bonded abrasives
<u>Naphthaline</u>	mg/l	< 2 – 7 ⁵	–	Inorganic bonded abrasives

¹ Representative spot sample for temperature, pH value, total suspended solids; for all other parameters: an unsettled homogenised composite sample of the discharged batch of waste water and/or a daily flow proportional composite sample that is representative of the total waste water flow.

² For low waste water flows, the load can be limited to 10 g/d.

³ In the future, the parameter 'sum of hydrocarbons' will be replaced by the 'hydrocarbon index'.

⁴ Sum of: naphthaline (PAH), acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[b]-u.-[k]fluoranthene, benz[a]pyrene, indeno[1,2,3,c,d]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, benzo[g,h,i]perylene.

⁵ For low waste water volumes, the load may be limited to 8 kg/a and 2 kg per quarter.

Energy efficiency and energy consumption

Fuel (mostly natural gas) is used for the kilns and partially for the dryers and flue-gas thermal oxidisers in the plants.

Electricity is required especially for processing and shaping (e.g. presses), sometimes also for heating kilns and dryers, for subsequent treatment and for the transport of materials.

It is state of the art to use a combination of the following measures and techniques:

- Staged utilisation of waste heat from hot flue gas for consumers at different temperature levels
- Utilisation of waste heat for the drying of unfired green ware from the following sources:
 - Heated cooling air from the cooling zone of the tunnel kiln
 - Heat of the flue gas from the firing zone (sinter zone) of the tunnel kiln: direct, through heat exchangers or by transferring heat to thermal oil
 - Waste heat from discontinuously operated firing kilns
 - Heated cooling air from cover, jacket and kiln car base cooling and / or an aftercooler
 - Heat from combined heat and power plants (CHP, generation for self-consumption of electricity)

General

Drying of intermediate products

- Utilisation of continuous flow dryers (tunnel dryers) on the basis of the counter-current principle (material flow – heat flow)
 - Using the waste heat of the firing kiln for heating the rooms in which the green ware is dried
- Keeping the dried green ware warm**
- Reducing the time during which the dried, warm green ware is kept in the workroom to a minimum; keeping it warm in a warming zone
 - Using the flue gas from the pre-heating zone (heating-up zone) of the tunnel kiln to keep dried green ware warm in a warming zone
 - Using the heat radiation from the tunnel kiln to keep dried green ware warm
- Firing kiln**
- Firing of ceramic products in a tunnel kiln with countercurrent flow (material flow – heat flow) so that green ware is heated up by the hot flue gas in the pre-heating zone (heating-up zone)
 - Regular optimisation of kiln programmes in relation to the temperature, firing time and setting method of the material on kiln cars
 - Demand-oriented fuel supply for the kiln based on continuous measurements of the temperature of the ware to be fired
 - Design of tunnel kiln with a steel case around the kiln lining to minimise the infiltration of unwanted air
 - Regular maintenance and modernisation of doors and kiln interior of the firing kiln
- Preheating of combustion air**
- Preheating of combustion air for the firing kiln using the heat of the flue gas (heat exchanger)
 - Using heated cooling air from the cooling zone of the tunnel kiln as preheated secondary combustion air
 - Using heated cooling air from cover, jacket and kiln car base cooling and / or an aftercooler as preheated combustion air in the tunnel kiln
- When using thermal oxidation**
- Use of a regenerative thermal oxidiser (RTO) instead of TO for flue gas treatment
 - When using TO:
 - Preheating the raw flue gas by using the clean gas (heat exchanger)
 - Power generation using waste heat (ORC machine) with a thermal oil/flue gas heat exchanger
 - With low pollutant concentrations and sufficiently high temperatures: methane injection directly into the combustion chamber; in this way, the operation of the burner can be cut down to minimum loads, and the reduced cool air supply for the burner results in less gas consumption.
 - Using the residual heat of the cleaned flue gas for the heating system and for generating hot water at the plant
- Subsequent treatment, packaging and production of plaster moulds**
- Drying of fired products which have undergone wet treatment with waste heat from the kiln
 - Using elastic packaging foil instead of a natural gas operated shrink frame for packaging
 - Drying plaster moulds with waste heat from the firing kiln
- Heating and hot water production**
- Using heat/waste heat for heating production areas and offices and for generating hot water from the following sources:

- Waste heat from water cooling of the kiln car base area of the tunnel kiln (heat exchanger)
- Heat in the flue gas of the firing kiln (recuperator)
- Waste heat from the cooling zone of the tunnel kiln (heat exchanger)
- Utilisation of heat from combined heat and power plants (generation for self-consumption of electricity)

Table H below shows achievable specific energy consumption levels per tonne of product.

Parameter	Unit	State of the art – consumption levels	Fields of application
Fuel	GJ/t	0.9 – 1.5 ¹	Clay blocks
		2.5 – 3.5	Roof tiles, facing bricks
		2.5 – 12	Refractory bricks (tunnel kilns)
		18 – 40	Refractory bricks (discont. kilns), sanitary ware, techn. ceramics, inorganic bonded abrasives, stove tiles
Electricity	GJ/t	0.1 – 0.5	Bricks
		0.1 – 5	Other ceramic products (except inorganic bonded abrasives)

Table H: Achievable specific energy consumption levels in the ceramics industry, per tonne of product based on Austrian installations (Source: Umweltbundesamt)

¹ For raw material mixtures with a high limestone content (up to 2.5 GJ/t)

Resource consumption, resource efficiency and waste

At plants for the manufacture of bricks (clay blocks, facing bricks and roof tiles) process water is fully recirculated or reused for raw material processing. There is thus no waste water discharge. Where necessary, treatment is carried out by separating solids from waste water.

State of the art in other areas of the ceramics industry is to recirculate process water, sometimes in combination with process waste water treatment in the form of solid separation where appropriate, before feeding it back to the process cycle. To maintain the required water quality, part of the waste water is separated where necessary and discharged into the sewage system after appropriate waste water treatment (see section ‘Waste water emissions’).

Waste arising at plants includes unfired material waste and fired ceramics waste (broken ware), as well as dust from dedusting units, grinding sludge and settled and filtered sludge from waste water treatment.

State of the art for unfired materials from raw material processing and shaping processes is to reuse these materials for raw material processing, or to dispose of them in an appropriate manner.

Water

Raw materials, auxiliary materials, dust, sludges and packaging

Similarly, state of the art for fired broken ware, grinding dust and grinding granulates is to recirculate them for raw material processing, as long as this is technically possible. Where necessary, crushing is carried out in a mill before recycling. When using a variety of different raw materials, an analysis is carried out where required, and broken ware and dust is separated by material type before being reused as raw material. Where recycling of broken material is not possible for technical reasons, separation and processing for other manufacturing processes (also at external companies) is state of the art.

Non-recyclable dust, non-reusable plaster moulds and dewatered grinding sludges or sludges from waste water treatment are handed over for disposal to an authorised external company.

As regards product packaging, it is state of the art to use reusable wooden pallets for bricks (e.g. with a deposit or exchange system) and, where packing chips are used, to organise their return by customers for reuse as packaging material.

A selection of achievable specific resource consumption levels is given in Table J below.

*Table J:
Achievable specific
resource consumption
levels in the ceramics
industry, per tonne of
product based on
Austrian installations
(Source:
Umweltbundesamt)*

Resource	Unit	State of the art – consumption levels	Fields of application
Water	m ³ /t	0.01 – 0.1	Clay blocks, facing bricks
	m ³ /t	0.02 – 0.1	Roof tiles
	m ³ /t	0.01 – 6	Refractory bricks, technical ceramics, inorganic bonded abrasives
	m ³ /t	< 5 – 15	Sanitary ware
Raw material consumption per tonne of product	t/t	1.1 – 1.5	Bricks, refractory bricks, technical ceramics
Plaster for moulds	t/t	0.1 – 0.2	Sanitary ware
Lime for cascade-type packed bed absorbers	t/t	0.001 – 0.02	Ceramics industry (plants with cascade-type packed bed absorbers)