

## ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken in der Keramikindustrie beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates (IVU-Richtlinie). Diese Zusammenfassung enthält die wichtigsten Ergebnisse, eine Zusammenfassung der wichtigsten BVT-Schlussfolgerungen und die mit der Anwendung von BVT verbundenen Verbrauchs- und Emissionswerte. Diese Zusammenfassung ist in Verbindung mit dem Vorwort zu lesen, das die Zielsetzungen des Dokuments beschreibt, Hinweise zu seiner Verwendung gibt und den rechtlichen Rahmen erläutert. Die Zusammenfassung kann als Einzeldokument gelesen werden, dem Charakter einer Zusammenfassung entsprechend sind jedoch nicht alle Aspekte des gesamten BVT-Merkblattes enthalten. Im Prozess der BVT-Entscheidungsfindung ist diese Zusammenfassung daher nicht als Ersatz für den vollen Wortlaut des BVT-Merkblattes anzusehen und sollte für ein richtiges Verständnis unbedingt in Verbindung mit den Kapiteln 4 und 5 gelesen werden.

## GELTUNGSBEREICH DIESES DOKUMENTS

Dieses Dokument bezieht sich auf die in Anhang I Abschnitt 3.5 der Richtlinie 96/61/EG genannten industriellen Tätigkeiten, und zwar:

„3.5. Anlagen zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen durch Brennen, und zwar insbesondere von Dachziegeln, Ziegelsteinen, feuerfesten Steinen, Fliesen, Steinzeug oder Porzellan mit einer Produktionskapazität von über 75 t pro Tag und/oder einer Ofenkapazität von über 4 m<sup>3</sup> und einer Besatzdichte von über 300 kg/m<sup>3</sup>.“

Für die Zwecke dieses Dokuments werden die unter diese Beschreibung fallenden industriellen Tätigkeiten als „Keramikindustrie“ bezeichnet. Die Hauptsektoren – unterschieden nach den hergestellten keramischen Erzeugnissen (Keramiken) – sind:

- Wand- und Bodenfliesen
- Ziegelsteine und Dachziegel
- Tafelgeschirr und Dekorationsartikel (Haushaltskeramik)
- Feuerfeste Erzeugnisse
- Sanitärkeramik
- Technische Keramik
- Steinzeugrohre
- Blähtonerzeugnisse
- Keramisch gebundene Schleifmittel

Zusätzlich zu den grundlegenden Herstellungstätigkeiten deckt dieses Dokument auch die direkt damit verbundenen Tätigkeiten ab, die Auswirkungen auf die Emissionen oder Umweltbelastungen haben könnten. Daher umfasst dieses Dokument Tätigkeiten von der Aufbereitung der Rohstoffe bis zur Auslieferung der fertigen Erzeugnisse. Bestimmte Tätigkeiten, wie die Gewinnung von Rohstoffen, werden nicht behandelt, weil sie nicht als direkt mit der Primärtätigkeit verbunden angesehen werden.

## DIE KERAMIKINDUSTRIE

Allgemein wird der Begriff „Keramik“ (keramische Erzeugnisse) für anorganische Materialien (eventuell mit einem geringen Anteil von organischen Stoffen) verwendet, die aus nichtmetallischen Verbindungen hergestellt und mittels eines Brennprozesses beständig gemacht werden. Zusätzlich zu den auf Ton basierenden Materialien umfasst die moderne Keramik auch eine Vielzahl von Erzeugnissen mit einem geringen oder gar keinem Tonanteil. Keramik kann glasiert oder unglasiert, porös oder glasartig sein.

Das Brennen keramischer Scherben führt zu einer zeit- und temperaturbestimmten Umwandlung der mineralischen Bestandteile, in der Regel zu einem Verbund aus neuen Mineralien und Glasphasen. Charakteristische Eigenschaften keramischer Erzeugnisse sind eine hohe Festigkeit, eine hohe Verschleißfestigkeit, eine lange Lebensdauer, chemische Trägheit und Ungiftigkeit, Hitze- und Feuerbeständigkeit, (in der Regel) ein hoher elektrischer Widerstand und manchmal auch eine besondere Porosität.

Tonrohstoffe gibt es überall in Europa, daher werden keramische Erzeugnisse wie Ziegelsteine, die verhältnismäßig kostengünstig sind (aufgrund ihres Gewichts jedoch hohe Transportkosten verursachen) in praktisch allen Mitgliedstaaten hergestellt. Die baulichen Traditionen und das Kulturerbe haben zu unterschiedlichen Einheitengrößen in den verschiedenen Ländern geführt. Weiter spezialisierte Erzeugnisse, mit denen sich höhere Preise erzielen lassen, werden nur in einigen wenigen Ländern hergestellt, die über die erforderlichen speziellen Rohstoffe und – was genauso wichtig ist – Traditionen in Bezug auf die handwerklichen Fertigkeiten und das Fachwissen verfügen.

### **DIE WICHTIGSTEN UMWELTBELASTUNGEN**

Je nach Herstellungsverfahren verursachen Anlagen zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen Emissionen in die Luft, das Wasser und den Boden (Abfall). Außerdem kann es zu einer Belastung der Umwelt durch Lärm und unangenehme Gerüche kommen. Art und Ausmaß von Luftverschmutzung und anfallendem Abfall bzw. Abwasser hängen von unterschiedlichen Parametern ab. Diese Parameter sind z. B. die verwendeten Rohstoffe, die eingesetzten Hilfsstoffe, die verwendeten Brennstoffe und die Herstellungsverfahren.

Emissionen in die Luft: Bei der Herstellung von keramischen Erzeugnissen können Feststoffteilchen/Staub, Ruß, gasförmige Emissionen (Kohlenoxide, Stickstoffoxide, Schwefeloxide, anorganische Fluor- und Chlorverbindungen, organische Verbindungen und Schwermetalle) freigesetzt werden.

Emissionen in das Wasser: Prozessabwasser enthält hauptsächlich mineralische Bestandteile (unlösliche Feststoffteilchen) sowie weitere anorganische Stoffe, geringe Mengen zahlreicher organischer Stoffe und Schwermetalle.

Prozessverluste/Abfall: Prozessverluste aus der Herstellung von keramischen Erzeugnissen umfassen hauptsächlich unterschiedliche Arten von Schlämmen, Ausschuss, gebrauchte Gipsformen, verbrauchte Sorptionsmittel, feste Rückstände (Staub, Asche) sowie Verpackungsabfall.

Energieverbrauch/CO<sub>2</sub>-Emissionen: Alle Sektoren der Keramikindustrie sind energieintensiv, da ein wichtiger Teil des Prozesses auf dem Trocknen und dem anschließenden Brennen bei Temperaturen zwischen 800 und 2000° C beruht. Heutzutage werden für das Brennen hauptsächlich Erdgas, Flüssiggas (Propan und Butan) und leichtes Heizöl verwendet, während schweres Heizöl, Flüssigerdgas, Biogas/Biomasse, Strom und feste Brennstoffe (z. B. Kohle, Petrolkoks) ebenfalls als Energiequellen für Brenner dienen können.

### **ANGEWANDTE PROZESSE UND TECHNIKEN**

Die Herstellung von keramischen Erzeugnissen findet in verschiedenen Arten von Brennöfen mit einer großen Bandbreite von Rohstoffen und in einer Vielzahl von Formen, Größen und Farben statt. Der allgemeine Prozess der Herstellung von keramischen Erzeugnissen ist dagegen relativ einheitlich, abgesehen davon, dass für die Herstellung von Wand- und Bodenfliesen, Haushalts-, Sanitär- und technischer Keramik häufig ein mehrstufiger Brennprozess eingesetzt wird.

Im Allgemeinen werden die Rohstoffe gemischt und in Form gegossen, gepresst oder extrudiert. Zum gründlichen Mischen und zur Formgebung wird in der Regel Wasser zugesetzt. Dieses Wasser wird beim Trocknen verdunstet, und die Erzeugnisse werden entweder von Hand in den Ofen – insbesondere bei periodisch betriebenen Herdwagenöfen – oder auf Fahrwerke gesetzt, die durch kontinuierlich betriebene Tunnel- oder Rollenöfen laufen. Zur Herstellung von Blähtonerzeugnissen werden Drehrohröfen verwendet.

Während des Brennens ist eine sehr genaue Temperaturführung erforderlich, um sicherzustellen, dass die Erzeugnisse die richtige Behandlung erhalten. Nach dem Brennen muss die Abkühlung ebenfalls kontrolliert erfolgen, so dass die Erzeugnisse ihre Wärme nach und nach abgeben können und ihre keramische Struktur erhalten bleibt. Anschließend werden die Erzeugnisse verpackt und bis zur Auslieferung gelagert.

## EMISSIONEN UND VERBRAUCHSWERTE

### Emissionen

Die Verarbeitung von Tonen und anderen keramischen Rohstoffen führt zwangsläufig zur Bildung von Staub – insbesondere bei trockenen Materialien. Trocknen (einschließlich Sprühtrocknen), Zerkleinern (Schleifen, Mahlen), Sieben, Mischen und Fördern können zur Freisetzung von Feinstaub führen. Während des Verzierens und Brennens der Scherben und während der maschinellen Bearbeitung oder Endbearbeitung der gebrannten Scherben entsteht ebenfalls Staub. Die Staubemissionen stammen nicht nur (wie vorstehend beschrieben) aus den Rohstoffen, sondern auch die Brennstoffe tragen zu diesen Emissionen in die Luft bei.

Die gasförmigen Verbindungen, die während des Trocknens und Brennens freigesetzt werden, stammen hauptsächlich aus den Rohstoffen, aber auch die Brennstoffe tragen zu den gasförmigen Schadstoffen bei. Dabei handelt es sich insbesondere um SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, VOC und Schwermetalle.

Prozessabwasser entsteht hauptsächlich beim Ausschwemmen und Einschlämmen von Tonmaterialien mit fließendem Wasser während des Herstellungsprozesses sowie beim Reinigen der Anlagen; zu Wasseremissionen kommt es jedoch auch beim Betrieb von Abgaswäschern. Das den Zubereitungen für die keramischen Scherben direkt zugesetzte Wasser wird während der anschließenden Trocknungs- und Brennphasen in die Luft verdampft.

Je nach Produktspezifikationen und Prozessanforderungen können Prozessverluste häufig innerhalb der Anlage aufbereitet und wiederverwendet werden. Materialien, die nicht innerhalb der Anlage wiederverwendet werden können, verlassen die Anlage, um in anderen Industriezweigen eingesetzt oder externen Abfallaufbereitungs- oder -entsorgungsanlagen zugeführt zu werden.

### Energie- und Ressourcenverbrauch

Die bei der Keramikherstellung eingesetzte Primärenergie dient der Befeuerung der Brennöfen. Bei vielen Prozessen ist auch die Trocknung von Zwischenerzeugnissen oder geformten Scherben energieintensiv.

In praktisch allen keramischen Verfahren wird Wasser eingesetzt. Qualitativ hochwertiges Wasser ist sehr wichtig für die Zubereitung von Tonen, Glasurschlickern und Tonmassen für die Extrusion, für das „Schlämmen“ der Gussformen, für die Herstellung sprühtrockneter Pulver sowie für nasse Schleif-, Mahl-, Wasch- und Reinigungsvorgänge.

Die Keramikindustrie verbraucht eine Vielzahl von Rohstoffen. Dazu gehören die in großer Menge verwendeten Hauptrohstoffe für die keramischen Massen, sowie verschiedene Zusatzstoffe (Additive), Bindemittel und dekorative Oberflächenbeschichtungen, die in geringerer Menge eingesetzt werden.

## BEI DER FESTLEGUNG DER BVT ZU BERÜCKSICHTIGENDE TECHNIKEN

Wichtige Aspekte bei der Umsetzung der IVU-Richtlinie in der Keramikindustrie sind die Verminderung von Emissionen in die Luft und in das Wasser, die effiziente Nutzung von Energie, Rohstoffen und Wasser, die Minimierung, Rückgewinnung und Wiederverwendung von Prozessverlusten/Abfall und Prozessabwasser sowie effektive Managementsysteme.

Zu den vorstehend genannten Aspekten wird eine Vielzahl von prozessintegrierten und nachgeschalteten Technologien vorgestellt und ihre Anwendbarkeit in den neun einzelnen Keramiksektoren betrachtet. In diesem Rahmen werden in diesem Dokument ungefähr 50 Techniken zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen vorgestellt, unter folgenden sieben thematischen Überschriften:

### Verminderung des Energieverbrauchs (Energieeffizienz)

Die Auswahl der Energiequelle, des Brennverfahrens und des Verfahrens zur Wärmerückgewinnung sind entscheidend für die Konstruktion des Brennofens und gehören zu den wichtigsten Faktoren hinsichtlich der Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz des Herstellungsverfahrens.

Die wichtigsten Techniken zur Verminderung des Energieverbrauchs, die einzeln oder in Kombination eingesetzt werden können, werden in diesem Dokument im Detail dargestellt:

- Technische Verbesserungen an den Brennöfen und Trocknern
- Rückgewinnung von überschüssiger Wärme aus Brennöfen
- Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Ersetzen von Schweröl und festen Brennstoffen durch emissionsarme Brennstoffe
- Modifizierung der keramischen Formen

### **Staubemissionen**

Zur Minderung von diffusen und gefassten Staubemissionen werden Techniken und Maßnahmen beschrieben, welche einzeln oder in Kombination angewendet werden können. Diese sind:

- Maßnahmen für staubende Vorgänge
- Maßnahmen für Schüttlagerungsbereiche
- Abtrenn-/Filtersysteme

### **Gasförmige Verbindungen**

Zur Minderung von Emissionen gasförmiger Luftschadstoffe (insbesondere SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl und VOC) werden primäre und sekundäre Maßnahmen/Techniken beschrieben, die einzeln oder in Kombination angewendet werden können. Diese Techniken und Maßnahmen sind:

- Verminderung des Einbringens von Vorläufersubstanzen
- Zugabe von kalziumhaltigen Additiven
- Prozessoptimierung
- Sorptionsanlagen (Adsorption, Absorption)
- Nachverbrennung

### **Prozessabwasser**

Ziele und Lösungen zur Verminderung von Prozessabwasser (Emissionen und Menge) werden in Form von Maßnahmen zur Prozessoptimierung und Behandlungssystemen für Prozessabwasser vorgestellt. Zur Minderung von Prozessabwasseremissionen und Wasserverbrauch werden in der Regel Kombinationen dieser Maßnahmen eingesetzt.

### **Prozessverluste/Abfall**

Ziele und Lösungen zur Verminderung von Prozessverlusten/Abfällen werden hinsichtlich der bei der Herstellung von keramischen Erzeugnissen anfallenden Schlämme und festen Prozessverluste/Abfälle in Form von Maßnahmen/Techniken zur Prozessoptimierung, Wiederaufbereitung und Wiederverwendung vorgestellt. Zur Verminderung von Prozessverlusten/Abfall werden in der Regel Kombinationen dieser Maßnahmen/Techniken eingesetzt.

### **Allgemeine Überlegungen hinsichtlich Lärm**

Es werden Möglichkeiten zur Minderung des Lärms, der bei verschiedenen Prozessen der Herstellung von keramischen Erzeugnissen auftreten kann, vorgestellt. Das Dokument liefert eine allgemeine Zusammenfassung sowie einen Überblick über die Minderung von Lärmemissionen.

### **Werkzeuge des Umweltmanagements/Umweltmanagementsysteme (UMS)**

Zur Minimierung der Umweltbelastungen aus industriellen Tätigkeiten sind allgemein Umweltmanagementsysteme (UMS) notwendig, wobei für die Keramikindustrie einige Maßnahmen besonders wichtig sind. Daher werden UMS in diesem Dokument als Werkzeuge vorgestellt, die Betreiber verwenden können, um sich auf systematische und nachweisbare Art und Weise mit den Themen Auslegung, Instandhaltung, Betrieb und Außerbetriebnahme auseinanderzusetzen.

## **BVT IN DER KERAMIKINDUSTRIE**

Im Kapitel zu den BVT (Kapitel 5) werden diejenigen Techniken genannt, die – hauptsächlich auf den Informationen aus Kapitel 4 und der Definition von besten verfügbaren Techniken in Artikel 16 Absatz 11 sowie den Überlegungen aus Anhang IV der Richtlinie basierend – allgemein als beste verfügbare Techniken angesehen werden. Wie ausführlich im Vorwort beschrieben, werden im Kapitel zu BVT keine Emissionsgrenzwerte festgelegt oder vorgeschlagen, sondern eine Auswahl von BVT sowie Verbrauchs- und Emissionswerte vorgestellt, die mit dem Einsatz von BVT verbunden sind. Zur Festlegung geeigneter Genehmigungsanforderungen sind örtliche, standortspezifische Faktoren wie die technische Besonderheit der betreffenden Anlage, die geografische Lage und die örtlichen Umweltbedingungen einzubeziehen. Bei bestehenden Anlagen ist zudem die wirtschaftliche und technische Machbarkeit von Nachrüstungen zu berücksichtigen.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten BVT-Schlussfolgerungen für die Keramikindustrie im Hinblick auf die wesentlichsten Umweltbelastungen zusammengefasst. Die BVT-Schlussfolgerungen werden auf zwei Ebenen dargelegt. In Abschnitt 5.1 werden allgemeine BVT-Schlussfolgerungen vorgestellt, d. h. BVT, die generell in der gesamten Keramikindustrie anwendbar sind. Abschnitt 5.2 enthält speziellere BVT-Schlussfolgerungen, d. h. Schlussfolgerungen, die die neun wichtigsten Sektoren der Keramikindustrie laut Geltungsbereichs dieses Dokuments betreffen. „Beste verfügbare Technik“ für eine bestimmte Anlage wird in der Regel die Anwendung einzelner oder einer Kombination von Techniken und Maßnahmen sein, die in dem allgemeinen oder dem betreffenden sektorspezifischen Abschnitt des Kapitels 5 aufgeführt sind.

Es sei darauf hingewiesen, dass in dieser Zusammenfassung die BVT-Schlussfolgerungen dieses Dokuments in einer Kurzfassung zusammengefasst sind. Die entsprechenden Langfassungen der BVT-Schlussfolgerungen finden Sie in den jeweiligen Abschnitten in Kapitel 5 dieses Dokuments.

### **Allgemeine BVT**

Der Abschnitt über allgemeine BVT enthält allgemeine BVT-Schlussfolgerungen für alle neun Sektoren der Keramikindustrie, die in diesem Dokument detailliert erläutert und beschrieben sind.

Es sei darauf hingewiesen, dass in dieser Zusammenfassung die BVT-Schlussfolgerungen dieses Dokuments in einer Kurzfassung zusammengefasst sind. Es sei auch noch einmal darauf hingewiesen, dass diese BVT-Zusammenfassung sowie die in dieser Zusammenfassung genannten, mit BVT assoziierten Emissionswertebereiche (engl. BAT-Associated Emission Levels, kurz: BAT-AEL) nur dann korrekt interpretiert werden können, wenn sie in Verbindung mit Kapitel 4 und den relevanten vollständigen BVT-Schlussfolgerungen in Kapitel 5 dieses Dokuments gelesen werden.

### **Umweltmanagement:**

Einführung und konsequente Anwendung eines Umweltmanagementsystems (UMS), das die in Abschnitt 5.1.1 dieses Dokuments aufgeführten Merkmale aufweist, soweit dies für den Einzelfall anwendbar ist.

### **Energieverbrauch:**

Verminderung des Energieverbrauchs durch Anwendung einer Kombination verschiedener Techniken, die in Abschnitt 5.1.2 dieses Dokuments aufgeführt sind und folgendermaßen zusammengefasst werden können:

- Verbesserte Konstruktion von Brennöfen und Trocknern
- Rückgewinnung der überschüssigen Wärme aus den Brennöfen, insbesondere aus deren Kühlzonen
- Wechsel der Brennstoffart für die Befuerung der Brennöfen (Ersetzen von Schweröl und festen Brennstoffen durch emissionsarme Brennstoffe)
- Modifikation keramischer Massen

Verminderung des Primärenergieverbrauchs durch Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, wenn ein Bedarf für die nutzbare Wärme besteht und die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen einen wirtschaftlich tragfähigen Betrieb ermöglichen.

### **Diffuse Staubemissionen:**

Minderung diffuser Staubemissionen durch Anwendung einer Kombination verschiedener Techniken, die in Abschnitt 5.1.3.1 dieses Dokuments aufgeführt sind und als Maßnahmen für staubende Vorgänge und Maßnahmen für Schüttlagerungsbereiche zusammengefasst werden können.

### **Gefasste Staubemissionen aus staubenden Vorgängen außer der Trocknung, Sprühtrocknung und Feuerung:**

Minderung gefasster Staubemissionen aus staubenden Vorgängen durch Einsatz von Gewebefiltern auf einen Halbstundenmittelwert von 1 bis 10 mg/m<sup>3</sup>. Bei besonderen Betriebsbedingungen kann der Wertebereich größer sein.

### **Staubemissionen aus Trocknungsprozessen:**

Begrenzung der Staubemissionen aus Trocknungsprozessen auf einen Tagesmittelwert von 1 bis 20 mg/m<sup>3</sup> durch Reinigung der Trockner, Vermeidung der Ansammlung von Staubresten im Trockner und Festlegung geeigneter Wartungsprotokolle.

### **Staubemissionen aus der Feuerung der Brennöfen:**

Minderung der Staubemissionen aus den Abgasen von Brennöfen auf einen Tagesmittelwert von 1 bis 20 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung einer Kombination von Techniken, die in Abschnitt 5.1.3.4 dieses Dokuments aufgeführt sind. Diese Techniken können zusammengefasst werden als Nutzung von aschearmen Brennstoffen und Minimierung des beim Beschicken der Brennöfen mit dem Brenngut entstehenden Staubes.

Bei Anwendung einer trockenen Abgasreinigung mittels Filter gilt ein Staubemissionswert von weniger als 20 mg/m<sup>3</sup> im gereinigten Abgas als BVT. Bei Einsatz von Kaskaden-Schütttschichtfiltern gilt ein Staubemissionswert von weniger als 50 mg/m<sup>3</sup> im gereinigten Abgas als BVT (für Blähtonzeugnisse wird auf die sektorspezifischen BVT-Schlussfolgerungen verwiesen).

### **Gasförmige Verbindungen, primäre Maßnahmen/Techniken:**

Minderung der Emissionen an gasförmigen Verbindungen (d. h. HF, HCl, SO<sub>x</sub>, VOC, Schwermetalle) aus den Abgasen von Brennöfen durch Anwendung einer der in Abschnitt 5.1.4.1 dieses Dokuments genannten Techniken oder einer Kombination dieser Techniken. Diese Techniken können als Techniken zur Verminderung des Eintrags von Vorläufersubstanzen sowie zur Optimierung der Temperaturführung zusammengefasst werden.

Begrenzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus den Abgasen von Brennöfen, angegeben als NO<sub>2</sub>, auf Tagesmittelwerte unter 250 mg/m<sup>3</sup> für Brennofengastemperaturen unter 1300 °C und auf Tagesmittelwerte unter 500 mg/m<sup>3</sup> für Brennofengastemperaturen ab 1300 °C durch Anwendung einer Kombination der in den Abschnitten 4.3.1 und 4.3.3 dieses Dokuments aufgeführten Primärmaßnahmen/-techniken (für Blähtonzeugnisse wird auf die sektorspezifischen BVT verwiesen).

Begrenzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus Abgasen von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Tagesmittelwerte unter 500 mg/m<sup>3</sup>, angegeben als NO<sub>2</sub>, durch Anwendung von Maßnahmen zur Prozessoptimierung.

### **Gasförmige Verbindungen, sekundäre Maßnahmen/Techniken und Kombinationen mit primären Maßnahmen/Techniken:**

Minderung der Emissionen von gasförmigen anorganischen Verbindungen aus den Abgasen von Brennöfen durch Anwendung einer der Techniken, die in Abschnitt 5.1.4.2 dieses Dokuments aufgeführt sind, und die als mehrstufige Schütttschichtfilter oder als trockene Abgasreinigung mittels Filter zusammengefasst werden können.

Die folgende Tabelle aus Abschnitt 5.1.4.2 zeigt mit BVT assoziierte Emissionswerte (BAT-AEL) für gasförmige anorganische Verbindungen aus den Abgasen von Brennöfen bei Anwendung einer Kombination von Primärmaßnahmen/-techniken gemäß Abschnitt 5.1.4.1.a und/oder Sekundärmaßnahmen/-techniken gemäß Abschnitt 5.1.4.2 dieses Dokuments.

| Parameter   | Einheit (Tagesmittelwert) | BAT-AEL <sup>1)</sup>    |
|---|---------------------------|--------------------------|
| Fluorid, angegeben als HF   | mg/m <sup>3</sup>         | 1 – 10 <sup>2)</sup>     |
| Chlorid, angegeben als HCl  | mg/m <sup>3</sup>         | 1 – 30 <sup>3)</sup>     |
| SO <sub>x</sub> , angegeben als SO <sub>2</sub><br>Rohstoff-Schwefelgehalte ≤0,25 %   | mg/m <sup>3</sup>         | <500                     |
| SO <sub>x</sub> , angegeben als SO <sub>2</sub><br>Rohstoff-Schwefelgehalte >0,25 %   | mg/m <sup>3</sup>         | 500 – 2000 <sup>4)</sup> |
| <sup>1)</sup> Die Wertebereiche hängen vom Gehalt des entsprechenden Schadstoffs (Vorläufers) in den Rohstoffen ab, d. h. beim Brennen keramischer Erzeugnisse mit einem niedrigen Gehalt des entsprechenden Schadstoffs (Vorläufers) im Rohstoff gelten niedrigere Werte innerhalb des Wertebereichs und beim Brennen keramischer Erzeugnisse mit einem hohen Gehalt des entsprechenden Schadstoffs (Vorläufers) im Rohstoff höhere Werte innerhalb des Wertebereichs als BAT-AEL. |                           |                          |
| <sup>2)</sup> Je nach Rohstoffbeschaffenheit kann der obere Wert der BAT-AEL-Spanne niedriger liegen.   |                           |                          |
| <sup>3)</sup> Je nach Rohstoffbeschaffenheit kann der obere Wert der BAT-AEL-Spanne niedriger liegen. Auch sollte der obere Wert der BAT-AEL-Spanne der Wiederverwendung der Abwässer nicht entgegenstehen.   |                           |                          |
| <sup>4)</sup> Der obere Wert der BAT-AEL-Spanne gilt nur für Rohstoffe mit einem extrem hohen Schwefelgehalt.   |                           |                          |

### Prozessabwasser (Emissionen und Verbrauch):

Minderung des Wasserverbrauchs durch Anwendung verschiedener Maßnahmen zur Prozessoptimierung, die in Abschnitt 4.4.5.1 dieses Dokuments aufgeführt sind und einzeln oder in Kombination angewendet werden können.

Reinigung des Prozessabwassers durch Anwendung verschiedener Abwasserbehandlungstechniken, die in Abschnitt 4.4.5.2 dieses Dokuments aufgeführt werden und einzeln oder in Kombination angewendet werden können. So ist sicherzustellen, dass das Abwasser hinreichend gereinigt wird, damit es anschließend im Herstellungsprozess wieder verwendet oder direkt in Gewässer oder indirekt in das kommunale Abwassersystem eingeleitet werden kann.

Die folgende Tabelle aus Abschnitt 5.1.5 enthält die mit BVT assoziierte Emissionswerte (BAT-AEL) für Schadstoffgehalte von Abwassereinleitungen:

| Parameter    | Einheit | BAT-AEL<br>(2-Stunden-Mischprobe) |
|--------------|---------|-----------------------------------|
| Schwebstoffe | mg/l    | 50,0                              |
| AOX          | mg/l    | 0,1                               |
| Blei (Pb)    | mg/l    | 0,3                               |
| Zink (Zn)    | mg/l    | 2,0                               |
| Cadmium (Cd) | mg/l    | 0,07                              |

Wenn mehr als 50 % des Prozesswassers in den Herstellungsprozessen wiederverwendet werden, können auch höhere Schadstoffkonzentrationen noch BAT-AEL sein, solange die spezifische Schadstofffracht pro Produktionsmenge (pro kg verarbeiteter Rohstoffe) nicht höher ist als die Schadstofffracht, die sich bei einer Wiederverwendungsrate des Prozesswassers von weniger als 50 % ergäbe.

### Schlämme:

Wiederverwendung von Prozessschlamm durch Einsatz von Aufbereitungssystemen und/oder Weiterverwertung der Schlämme zur Herstellung anderer Produkte.

### **Feste Prozessverluste/Abfälle:**

Minderung des Anfalls an festen Prozessverlusten/Abfällen durch Anwendung einer Kombination verschiedener Techniken, die in Abschnitt 5.1.7 dieses Dokuments aufgeführt sind und folgendermaßen zusammengefasst werden können:

- Rückführung ungemischter Rohstoffe
- Rückführung beschädigter Scherben in den Herstellungsprozess
- Verwendung von festen Prozessverlusten in anderen Industrien
- Elektronische Steuerung des Brennprozesses
- Anwendung optimierter Besatztechniken

### **Lärm:**

Minderung der Lärmemissionen durch Anwendung einer Kombination verschiedener Techniken, die in Abschnitt 5.1.8 dieses Dokuments aufgeführt sind und folgendermaßen zusammengefasst werden können:

- Einhausung von Anlagenteilen
- Schwingungsisolierung von Anlagenteilen
- Verwendung von Schalldämpfern und langsam rotierenden Lüftern
- Anordnung der Fenster, Tore und lauter Anlagenteile fern ab von Nachbarn
- Schallisolation von Fenstern und Wänden
- Schließen von Fenstern und Toren
- Ausführen von lauten (Freiluft-)Tätigkeiten nur am Tage
- Sorgfältige Instandhaltung der Anlage

### **Sektorspezifische BVT**

Der Abschnitt über sektorspezifische BVT enthält spezifische BVT-Schlussfolgerungen für die einzelnen neun Sektoren, die in diesem Dokument detailliert erläutert und beschrieben sind. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass diese BVT-Zusammenfassung sowie die in dieser Zusammenfassung genannten, mit BVT assoziierten Emissions-Wertebereiche (engl. BAT-AEL) nur dann korrekt interpretiert werden können, wenn sie in Verbindung mit Kapitel 4 und den entsprechenden vollständigen BVT-Schlussfolgerungen in Kapitel 5 dieses Dokuments gelesen werden.

### **Gefasste Staubemissionen:**

Wand- und Bodenfliesen, Haushaltskeramik, Sanitärkeramik, technische Keramik, Steinzeugrohre:

Minderung der gefassten Staubemissionen aus Sprühglasierungsprozessen auf einen Halbstundenmittelwert von 1 bis 10 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung von Gewebefiltern oder gesinterten Lamellenfiltern.

Wand- und Bodenfliesen, Haushaltskeramik, technische Keramik:

Minderung der gefassten Staubemissionen aus Sprühtrocknungsprozessen auf einen Halbstundenmittelwert von 1 bis 30 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung von Gewebefiltern, bzw. auf 1 bis 50 mg/m<sup>3</sup> bei bestehenden Anlagen durch Einsatz von Zyklonen in Kombination mit Nassabscheidern, wenn deren Spülwasser wiederverwendet werden kann.

Blähtonerzeugnisse:

Minderung der gefassten Staubemissionen aus heißen Verbrennungsgasen auf einen Tagesmittelwert von 5 bis 50 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung von Elektrofiltern oder Nassabscheidern.

### **Staubemissionen aus der Feuerung der Brennöfen:**

Wand- und Bodenfliesen:

Minderung der Staubemissionen aus den Abgasen der Brennöfen auf einen Tagesmittelwert von 1 bis 5 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung einer trockenen Abgasreinigung mit Gewebefilter.

### **Gasförmige Verbindungen, primäre Maßnahmen und Techniken:**

#### Ziegelsteine und Dachziegel:

Minderung der Emissionen von gasförmigen Verbindungen (d. h. HF, HCl, SO<sub>x</sub>) aus den Abgasen von Brennöfen durch Zugabe von kalziumhaltigen Additiven.

#### Blähtonerzeugnisse:

Begrenzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus Abgasen von Drehöfen auf Tagesmittelwerte unter 500 mg/m<sup>3</sup>, angegeben als NO<sub>2</sub>, durch Anwendung einer Kombination primärer Maßnahmen und Techniken.

### **Gasförmige Verbindungen, sekundäre Maßnahmen und Techniken:**

#### Wand- und Bodenfliesen, Haushaltskeramik, Sanitärkeramik, technische Keramik:

Minderung der Emissionen von gasförmigen anorganischen Verbindungen aus den Abgasen von Brennöfen durch Anwendung von Modulabsorbentien, insbesondere für geringe Abgas-Volumenströme (unter 18.000 m<sup>3</sup>/h), und wenn die Rohgaskonzentrationen an anderen anorganischen Verbindungen als HF (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl) sowie von Staub gering sind.

#### Wand- und Bodenfliesen:

Minderung der HF-Emissionen aus Abgasen von Brennöfen auf Tagesmittelwerte von 1 bis 5 mg/m<sup>3</sup> durch Anwendung einer trockenen Abgasreinigung mit Gewebefilter.

### **Flüchtige organische Verbindungen:**

#### Ziegelsteine und Dachziegel, feuerfeste Erzeugnisse, technische Keramik, keramisch gebundene Schleifmittel:

Minderung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Abgasen von Brennöfen – bei Rohgaskonzentrationen von mehr als 100 bis 150 mg/m<sup>3</sup>, je nach Rohgasbeschaffenheit, z. B. Zusammensetzung, Temperatur – auf Tagesmittelwerte von 5 bis 20 mg/m<sup>3</sup>, angegeben als Gesamt-Kohlenstoff, durch den Einsatz von thermischer Nachverbrennung in einem Ein- oder Drei-Kammer-Thermoreaktor .

#### Feuerfeste Erzeugnisse, mit organischen Verbindungen behandelt:

Minderung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus der Behandlung mit organischen Verbindungen bei geringen Abgasvolumenströmen durch den Einsatz von Aktivkohlefiltern. Bei hohen Abgasvolumenströmen ist es BVT, die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus der Behandlung mit organischen Verbindungen durch Einsatz einer thermischen Nachverbrennung auf 5 bis 20 mg/m<sup>3</sup> zu verringern.

### **Wiederverwendung von Prozessabwasser:**

#### Wand- und Bodenfliesen, Haushaltskeramik, Sanitärkeramik:

Wiederverwendung von Prozessabwässern im Herstellungsprozess mit einer Wiederverwendungsrate von 50–100% (bei Wand- und Bodenfliesen, abhängig von der Art der herzustellenden Fliesen) bzw. von 30–50 % (bei Haushaltskeramik und Sanitärkeramik) durch Anwendung einer Kombination von Maßnahmen zur Prozessoptimierung und Abwasserbehandlungssystemen.

### **Wiederverwendung von Schlamm:**

#### Wand- und Bodenfliesen:

Wiederverwendung des bei der Prozessabwasseraufbereitung anfallenden Schlamms bei der Herstellung der Scherben mit einem Anteil von 0,4 bis 1,5 Gewichtsprozent (hinzugegebenen trockenen Schlamms bezogen auf die Scherbenmasse) durch Einsatz eines Schlammaufbereitungssystems, soweit möglich.

### **Feste Prozessverluste/Abfall:**

#### Haushaltskeramik, Sanitärkeramik, technische Keramik, feuerfeste Erzeugnisse:

Minderung der Menge an festen Prozessverlusten/Abfall in Form verbrauchter Gipsformen aus der Formgebung durch Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen:

- Ersetzen der Gipsformen durch Polymerformen
- Ersetzen der Gipsformen durch Metallformen
- Verwendung von Vakuum-Gipsmischern
- Wiederverwendung von gebrauchten Gipsformen in anderen Industriezweigen

## **TECHNIKEN IN ENTWICKLUNG**

Einige neue Techniken zur Minderung von Umweltbelastungen sind in Entwicklung oder werden nur vereinzelt eingesetzt und gelten daher als „Techniken in Entwicklung“. Fünf dieser Techniken werden in Kapitel 6 beschrieben:

- Strahlrohrbrenner
- Mikrowellengestütztes Brennen und Mikrowellentrockner
- Eine neue Art von Trocknungssystem für feuerfeste Erzeugnisse
- Weitergehendes Behandlungskonzept für Prozessabwässer mit integrierter Glasurrückgewinnung
- Bleifreie Glasuren für qualitativ hochwertiges Tafelgeschirr

## **ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN**

Das Kapitel mit abschließenden Bemerkungen enthält Informationen über die Meilensteine der Entwicklung dieses Dokuments, den Grad der erzielten Übereinstimmung hinsichtlich der BVT-Vorschläge für die Keramikindustrie sowie die noch vorhandenen Informationslücken, insbesondere im Hinblick auf während des Zeitraum für den Informationsaustausch nicht bereitgestellte Daten, die daher auch nicht berücksichtigt werden konnten. Es werden Empfehlungen für weitere Forschungen und das weitere Sammeln von Informationen sowie abschließend Empfehlungen zur Aktualisierung des BVT-Merkblattes „Keramikindustrie“ gegeben.

Über ihre Programme zur Forschung und technologischen Entwicklung (FTE) fördert und unterstützt die EG eine Reihe von Projekten, die sich mit sauberen Technologien, zukünftigen Abwasserbehandlungs- und Aufbereitungstechnologien sowie Managementstrategien befassen. Diese Projekte können möglicherweise einen hilfreichen Beitrag zu zukünftigen Überprüfungen von BVT-Merkblättern leisten. Die Leser werden daher gebeten, das Europäische IPPC-Büro in Sevilla(EIPPCB) über alle Forschungsergebnisse zu informieren, die hinsichtlich des Geltungsbereichs dieses Dokuments von Bedeutung sind (siehe dazu auch das Vorwort zu diesem Dokument).