

II

(Rechtsakte ohne Gesetzescharakter)

BESCHLÜSSE

DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION

vom 26. März 2013

über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid

(Bekanntgegeben unter Aktenzeichen C(2013) 1728)

(Text von Bedeutung für den EWR)

(2013/163/EU)

DIE EUROPÄISCHE KOMMISSION —

gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union,

gestützt auf die Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) ⁽¹⁾, insbesondere auf Artikel 13 Absatz 5,

in Erwägung nachstehender Gründe:

- (1) Gemäß Artikel 13 Absatz 1 der Richtlinie 2010/75/EU organisiert die Kommission einen Informationsaustausch über Industrieemissionen zwischen der Kommission, den Mitgliedstaaten, den betreffenden Industriezweigen und den Nichtregierungsorganisationen, die sich für den Umweltschutz einsetzen, um die Erstellung von Merkblättern über die besten verfügbaren Techniken (BVT-Merkblätter) gemäß Artikel 3 Nummer 11 der Richtlinie zu erleichtern.
- (2) Gemäß Artikel 13 Absatz 2 der Richtlinie 2010/75/EU geht es bei dem Informationsaustausch um die Leistungsfähigkeit der Anlagen und Techniken in Bezug auf Emissionen, gegebenenfalls ausgedrückt als kurz- und langfristige Mittelwerte sowie assoziierte Referenzbedingungen, Rohstoffverbrauch und Art der Rohstoffe, Wasserverbrauch, Energieverbrauch und Abfallerzeugung, um angewandte Techniken, zugehörige Überwachung, medienübergreifende Auswirkungen, wirtschaftliche Tragfähigkeit und technische Durchführbarkeit sowie Entwicklungen bei diesen Aspekten sowie um beste verfügbare Techniken und Zukunftstechniken, die nach der Prüfung der in Artikel 13 Absatz 2 Buchstaben a und b der Richtlinie aufgeführten Aspekte ermittelt worden sind.
- (3) „BVT-Schlussfolgerungen“ nach der Begriffsbestimmung in Artikel 3 Nummer 12 der Richtlinie 2010/75/EU sind der wichtigste Bestandteil der BVT-Merkblätter, der die Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren

Techniken, ihre Beschreibung, Informationen zur Bewertung ihrer Anwendbarkeit, die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte, die dazugehörigen Überwachungsmaßnahmen, die dazugehörigen Verbrauchswerte sowie gegebenenfalls einschlägige Standortsanierungsmaßnahmen enthält.

- (4) Gemäß Artikel 14 Absatz 3 der Richtlinie 2010/75/EU dienen die BVT-Schlussfolgerungen als Referenzdokument für die Festlegung der Genehmigungsaufgaben für unter Kapitel II der Richtlinie fallende Anlagen.
- (5) Gemäß Artikel 15 Absatz 3 der Richtlinie 2010/75/EU legt die zuständige Behörde Emissionsgrenzwerte fest, mit denen sichergestellt wird, dass die Emissionen unter normalen Betriebsbedingungen die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte, wie sie in den Beschlüssen über die BVT-Schlussfolgerungen gemäß Artikel 13 Absatz 5 der Richtlinie festgelegt sind, nicht überschreiten.
- (6) Gemäß Artikel 15 Absatz 4 der Richtlinie 2010/75/EU dürfen Ausnahmeregelungen zur Abweichung von Artikel 15 Absatz 3 nur angewandt werden, wenn die Erreichung der Emissionswerte aufgrund des geografischen Standorts, der lokalen Umweltbedingungen oder der technischen Merkmale der betroffenen Anlage gemessen am Umweltnutzen zu unverhältnismäßig höheren Kosten führen würde.
- (7) Gemäß Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 2010/75/EU stützen sich die Überwachungsauflagen der Genehmigung gemäß Artikel 14 Absatz 1 Buchstabe c auf die in den BVT-Schlussfolgerungen beschriebenen Überwachungsergebnisse.
- (8) Gemäß Artikel 21 Absatz 3 der Richtlinie 2010/75/EU überprüft die zuständige Behörde innerhalb von vier Jahren nach der Veröffentlichung von Beschlüssen über BVT-Schlussfolgerungen alle Genehmigungsaufgaben, bringt sie erforderlichenfalls auf den neuesten Stand und stellt sicher, dass die betreffende Anlage diese Genehmigungsaufgaben einhält.

⁽¹⁾ ABL L 334 vom 17.12.2010, S. 17.

- (9) Mit Beschluss der Kommission vom 16. Mai 2011 zur Einrichtung eines Forums für den Informationsaustausch gemäß Artikel 13 der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen ⁽¹⁾ wurde ein Forum aus Vertretern der Mitgliedstaaten, der betreffenden Industriezweige und der sich für den Umweltschutz einsetzenden Nichtregierungsorganisationen eingesetzt.
- (10) Gemäß Artikel 13 Absatz 4 der Richtlinie 2010/75/EU hat die Kommission am 13. September 2012 die Stellungnahme ⁽²⁾ des Forums zu dem vorgeschlagenen Inhalt des BVT-Merkblatts für die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid eingeholt und diese Stellungnahme öffentlich zugänglich gemacht.
- (11) Die in diesem Beschluss vorgesehenen Maßnahmen entsprechen der Stellungnahme des mit Artikel 75 Absatz 1 der Richtlinie 2010/75/EU eingesetzten Ausschusses —

HAT FOLGENDEN BESCHLUSS ERLASSEN:

Artikel 1

Die BVT-Schlussfolgerungen für die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid sind im Anhang dieses Beschlusses dargestellt.

Artikel 2

Dieser Beschluss ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Brüssel, den 26. März 2013

Für die Kommission

Janez POTOČNIK

Mitglied der Kommission

⁽¹⁾ ABl. C 146 vom 17.5.2011, S. 3.

⁽²⁾ http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=/ied_art_13_forum/opinions_article

ANHANG

BVT-SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUR HERSTELLUNG VON ZEMENT, KALK UND MAGNESIUMOXID

GELTUNGSBEREICH	5
INFORMATIONSAUSTAUSCH	6
DEFINITIONEN	6
ALLGEMEINE HINWEISE	7
BVT-SCHLUSSFOLGERUNGEN	8
1.1 Allgemeine BVT-Schlussfolgerungen	8
1.1.1 Umweltmanagementsysteme (UMS)	8
1.1.2 Lärm	9
1.2 BVT-Schlussfolgerungen für die Zementindustrie	10
1.2.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken	10
1.2.2 Überwachung	11
1.2.3 Energieverbrauch und Verfahrensauswahl	11
1.2.4 Abfalleinsatz	13
1.2.5 Staubemissionen	14
1.2.6 Gasförmige Verbindungen	17
1.2.7 PCDD/F-Emissionen	21
1.2.8 Metallemissionen	21
1.2.9 Prozessrückstände/Abfälle	22
1.3 BVT-Schlussfolgerungen für die Kalkindustrie	22
1.3.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken	22
1.3.2 Überwachung	23
1.3.3 Energieverbrauch	23
1.3.4 Verbrauch an Kalkstein	25
1.3.5 Auswahl der Brennstoffe	25
1.3.6 Staubemissionen	26
1.3.7 Gasförmige Verbindungen	29
1.3.8 PCDD/F-Emissionen	33
1.3.9 Metallemissionen	33
1.3.10 Prozessrückstände/Abfälle	34

1.4	BVT-Schlussfolgerungen für die Magnesiumoxidindustrie	34
1.4.1	Überwachung	34
1.4.2	Energieverbrauch	35
1.4.3	Staubemissionen	35
1.4.4	Gasförmige Verbindungen	37
1.4.5	Prozessrückstände/Abfälle	39
1.4.6	Verwendung von Abfällen als Brennstoff und/oder Rohmaterial	40
BESCHREIBUNG DER MASSNAHMEN/TECHNIKEN		40
1.5	Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Zementindustrie	40
1.5.1	Staubemissionen	40
1.5.2	NO _x -Emissionen	41
1.5.3	SO _x -Emissionen	42
1.6	Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Kalkindustrie	43
1.6.1	Staubemissionen	43
1.6.2	NO _x -Emissionen	44
1.6.3	SO _x -Emissionen	44
1.7	Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Magnesiumoxidindustrie	44
1.7.1	Staubemissionen	44
1.7.2	SO _x -Emissionen	45

GELTUNGSBEREICH

Diese BVT-Schlussfolgerungen betreffen folgende Industrietätigkeiten, die in Anhang I Abschnitt 3.1 der Richtlinie 2010/75/EU aufgeführt sind:

„3.1. Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid:

- a) Herstellung von Zementklinkern in Drehrohröfen mit einer Produktionskapazität von über 500 t pro Tag oder in anderen Öfen mit einer Produktionskapazität von über 50 t pro Tag;
- b) Herstellung von Kalk in Öfen mit einer Produktionskapazität von über 50 t pro Tag;
- c) Herstellung von Magnesiumoxid in Öfen mit einer Produktionskapazität von über 50 t pro Tag.“

Bei der unter Nummer 3.1 Buchstabe c genannten Herstellung von Magnesiumoxid gelten diese BVT-Schlussfolgerungen nur für die Produktion von MgO im Trockenverfahren auf der Basis von abgebautem natürlichem Magnesit (Magnesiumcarbonat, $MgCO_3$).

Hinsichtlich der oben angeführten Tätigkeiten betreffen diese BVT-Schlussfolgerungen insbesondere:

- die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid (Trockenverfahren);
- Rohmaterialien – Lagerung und Aufbereitung;
- Brennstoffe – Lagerung und Aufbereitung;
- Einsatz von Abfällen als Rohmaterial und/oder Brennstoff: Qualitätsanforderungen, Kontrolle und Aufbereitung;
- Produkte – Lagerung und Bereitstellung;
- Verpackung und Versand.

Folgende Tätigkeiten fallen nicht in den Geltungsbereich dieser BVT-Schlussfolgerungen:

- die Herstellung von Magnesiumoxid im Nassverfahren auf der Grundlage von Magnesiumchlorid – hierfür gilt das „BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung anorganischer Grundchemikalien: Feststoffe und andere“;
- die Herstellung von ultrakohlenstoffarmem Dolomitkalk (ein Gemisch aus Calcium- und Magnesiumoxid, das durch die nahezu vollständige Dekarbonisierung von Dolomit entsteht: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Der Restgehalt an CO_2 beträgt unter 0,25 % und die Schüttdichte weniger als $3,05 \text{ g/cm}^3$);
- Schachtöfen für die Herstellung von Zementklinkern;
- nicht direkt mit der Primärtätigkeit verbundene Tätigkeiten, z. B. den Gesteinsabbau.

Weitere BVT-Merkblätter, die für die von diesen BVT-Schlussfolgerungen betroffenen Tätigkeiten ebenfalls von Belang sind:

BVT-Merkblatt	Tätigkeitsbereich
Emissionen bei der Lagerung	Lagerung und Handhabung von Rohmaterialien und Produkten
Allgemeine Grundlagen der Überwachung	Emissionsüberwachung
Abfallbehandlungsanlagen	Abfallbehandlung
Energieeffizienz	Allgemeine Energieeffizienz
Ökonomische und medienübergreifende Effekte	Wirtschaftliche Aspekte und medienübergreifende Effekte durch bestimmte Maßnahmen/Techniken

Die in diesen BVT-Schlussfolgerungen aufgeführten und beschriebenen Maßnahmen/Techniken sind weder normativ noch vollständig. Mit anderen Maßnahmen/Techniken ist möglicherweise ein mindestens ebenso hohes Maß an Umweltschutz zu erreichen.

In Bezug auf Abfallmitverbrennungsanlagen gelten diese BVT-Schlussfolgerungen unbeschadet der Bestimmungen in Kapitel IV und Anhang VI der Richtlinie 2010/75/EU.

In Bezug auf Energieeffizienz gelten diese BVT-Schlussfolgerungen unbeschadet der Bestimmungen der neuen Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates ⁽¹⁾ über Energieeffizienz.

INFORMATIONSAUSTAUSCH

Der Austausch von Informationen über BVT für die Zement-, Kalk- und Magnesiumoxidindustrie endete im Jahr 2008. Für die vorliegenden BVT-Schlussfolgerungen wurden die zum damaligen Zeitpunkt verfügbaren Informationen herangezogen, ergänzt durch zusätzliche Informationen über die Emissionen aus der Herstellung von Magnesiumoxid.

DEFINITIONEN

Im Rahmen dieser BVT-Schlussfolgerungen gelten folgende Definitionen:

Begriff	Definition
Neue Anlage	Eine Anlage, die nach der Veröffentlichung dieser BVT-Schlussfolgerungen auf dem Betriebsgelände neu errichtet wird oder die eine bestehende Anlage auf dem bestehenden Fundament vollständig ersetzt
Bestehende Anlage	Eine Anlage, bei der es sich nicht um eine neue Anlage handelt
Wesentliche Änderung ⁽¹⁾	Nachrüstung der Anlage/des Ofens mit einer bedeutenden Änderung der Anforderungen an den Ofen oder der Ofentechnologie bzw. ein Austausch des Ofens
Verwendung von Abfällen als Brennstoff und/oder Rohmaterial	Darunter fällt die Verwendung von: <ul style="list-style-type: none"> — Sekundärbrennstoffen mit einem nennenswerten Heizwert und — Abfallstoffen ohne nennenswerten Heizwert, aber mit mineralischen Bestandteilen, die als Rohmaterialien für das Zwischenprodukt Zementklinker verwendet werden, und — Abfallstoffen, die sowohl einen nennenswerten Heizwert als auch mineralische Bestandteile aufweisen.

⁽¹⁾ Die Definition der wesentlichen Änderung an dieser Stelle berührt nicht die genehmigungsrechtliche Interpretation des Begriffs in den einzelnen Mitgliedsstaaten.

Definition einiger Produkte

Begriff	Definition
Weißer Zement	Zement mit der PRODCOM-Nummer (Stand: 2007): 26.51.12.20 – Weißer Portlandzement
Spezialzement	Spezialzement mit den PRODCOM-Nummern (Stand: 2007): <ul style="list-style-type: none"> — 26.51.12.50 – Tonerdeschmelzzement — 26.51.12.90 – Andere Zemente
Dolomit oder kalzinierter Dolomit	Ein Gemisch aus Calcium- und Magnesiumoxid, das durch Dekarbonisierung von Dolomitkalk ($\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$) entsteht, mit einem Restgehalt an CO_2 über 0,25 % und einer Schüttdichte des Handelsprodukts von unter $3,05 \text{ g/cm}^3$. Der Gehalt an freiem MgO beträgt normalerweise zwischen 25 % und 40 %.
Gesinterter Dolomit	Ein Gemisch aus Calcium- und Magnesiumoxid, das ausschließlich zur Herstellung von feuerfesten Ziegeln und anderen feuerfesten Produkten verwendet wird, mit einer Schüttdichte von mindestens $3,05 \text{ g/cm}^3$.

⁽¹⁾ OJ L 315, vom 14.11.2012, S. 1.

Definition einiger Luftschadstoffe

Begriff	Definition
NO _x , angegeben als NO ₂	Die Summe aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO ₂), angegeben als NO ₂
SO _x , angegeben als SO ₂	Die Summe aus Schwefeldioxid (SO ₂) und Schwefeltrioxid (SO ₃), angegeben als SO ₂
Chlorwasserstoff, angegeben als HCl	Alle gasförmigen Chloride, angegeben als HCl
Fluorwasserstoff, angegeben als HF	Alle gasförmigen Fluoride, angegeben als HF

Abkürzungen

AÖ	Andere Öfen Kalkindustrie: — Doppelschrägschachtofen — Mehrkammerschachtofen — Schachtofen mit Zentralbrenner — Schachtofen mit externer Brennkammer — Strahlbrenner-Schachtofen — Gewölbe-Schachtofen — Wanderrostöfen — Kreiselförmige Öfen (engl.: 'top-shaped' kilns) — Schnellkalzinieröfen — Drehherdöfen
CO-Trip	Ein CO-Trip ist die Zeitdauer erhöhter CO-Emissionen, die Maßnahmen zu deren Reduzierung erfordern und ab einer bestimmten Höhe zur Abschaltung des Elektrofilters führen.
GGRO	Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativ-Ofen
I-TEQ	Internationales Toxizitätsäquivalent
LDO	Langer Drehrohrofen
MSO	Mischgefeuerter Schachtofen
PCDD	Polychloriertes Dibenzo-p-Dioxin
PCDF	Polychloriertes Dibenzofuran
RSO	Ringschachtofen
VDO	Vorwärmer-Drehrohrofen

ALLGEMEINE HINWEISE

Mittelungszeiträume und Referenzbedingungen für Luftemissionen

Die mit den besten verfügbaren Techniken verbundenen Emissionswerte (BAT-AEL, *BAT Associated Emission Levels*), die in diesen BVT-Schlussfolgerungen angegeben sind, gelten unter folgenden Standardbedingungen: trockenes Abgas bei einer Temperatur von 273 K und Atmosphärendruck von 1 013 hPa.

Die Konzentrationsangaben gelten unter folgenden Referenzbedingungen:

Tätigkeiten		Referenzbedingungen
Ofenbetrieb	Zementindustrie	10 Vol.-% Sauerstoff
	Kalkindustrie ⁽¹⁾	11 Vol.-% Sauerstoff
	Magnesiumoxidindustrie (trockene Verfahrensstrecke) ⁽²⁾	10 Vol.-% Sauerstoff
Tätigkeiten außer Ofenbetrieb	Alle Verfahren	Keine Korrektur für Sauerstoff
	Kalklöschanlagen	Wie freigesetzt (keine Korrektur für Sauerstoff und trockenes Abgas)

⁽¹⁾ Für gesinterten Dolomit, der im Zwei-Stufen-Prozess hergestellt wird, gilt die Korrektur für Sauerstoff nicht.

⁽²⁾ Für totgebrannte Magnesia, die im Zwei-Stufen-Prozess hergestellt wird, gilt die Korrektur für Sauerstoff nicht.

Für die Mittelungszeiträume gelten folgende Definitionen:

Tagesmittelwert	Mittelwert über einen Zeitraum von 24 Stunden, gemessen durch kontinuierliche Emissionsüberwachung
Mittelwert im Stichprobenzeitraum	Mittelwert von mindestens alle 30 Minuten (regelmäßig) vorgenommenen Punktmessungen, sofern nichts anderes angegeben ist

Umrechnung auf Referenz-Sauerstoffkonzentration

Die Formel zur Umrechnung der Emissionskonzentration auf einen Sauerstoffreferenzwert lautet:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

E_R (mg/Nm³): Emissionskonzentration bezogen auf den Referenz-Sauerstoffwert O_R

O_R (Vol.-%): Referenz-Sauerstoffwert

E_M (mg/Nm³): Emissionskonzentration bezogen auf den gemessenen Sauerstoffwert O_M

O_M (Vol.-%): gemessener Sauerstoffwert

BVT-SCHLUSSFOLGERUNGEN

1.1 Allgemeine BVT-Schlussfolgerungen

Die in diesem Abschnitt angeführten BVT gelten für alle Anlagen, auf die sich diese BVT-Schlussfolgerungen erstrecken (Zement-, Kalk- und Magnesiumoxidindustrie).

Die verfahrensspezifischen BVT in Abschnitt 1.2 bis 1.4 ergänzen die allgemeinen BVT in diesem Abschnitt.

1.1.1 Umweltmanagementsysteme (UMS)

1. BVT zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Anlagen zur Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid ist, ein Umweltmanagementsystem (UMS) einzuführen und anzuwenden, das Folgendes beinhaltet:

- i. Engagement der Unternehmensleitung einschließlich der obersten Managementebene;
- ii. Definition einer Umweltpolitik mit kontinuierlicher Verbesserung der Anlage durch die Geschäftsleitung;

- iii. Planung und Festlegung der erforderlichen Verfahren, Grundsätze und Ziele in Verbindung mit Finanzplanung und Investitionen;
- iv. Einführung von Verfahrensabläufen, vor allem im Hinblick auf:
 - a) Struktur und Zuständigkeiten,
 - b) Fortbildung, Problembewusstsein und Kompetenz,
 - c) Kommunikation,
 - d) Einbeziehung der Mitarbeiter,
 - e) Dokumentation,
 - f) effiziente Prozesssteuerung,
 - g) Wartungsprogramme,
 - h) Vorbereitung auf Notfälle und Reaktionen im Notfall,
 - i) Einhaltung der Umweltschutzvorschriften;
- v. Erfolgskontrolle und Korrekturmaßnahmen, vor allem im Hinblick auf:
 - a) Anlagenüberwachung und Messungen (siehe auch Merkblatt zu den Allgemeinen Überwachungsgrundsätzen, *engl. Titel „General Principles of Monitoring“*),
 - b) Fehlerbeseitigung und Vorbeugemaßnahmen,
 - c) Pflege von Unterlagen/Akten,
 - d) unabhängige (soweit dies möglich ist) interne und externe Auditierung, um festzustellen, ob das UMS den geplanten Regelungen entspricht und ordnungsgemäß eingeführt wurde und betrieben wird;
- vi. Überprüfung des UMS und seiner weiteren Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit durch die Unternehmensleitung;
- vii. Entwicklung von umweltfreundlicheren Technologien beachten;
- viii. Berücksichtigung der Umweltauswirkungen einer möglichen späteren Stilllegung bereits im Planungsstadium einer neuen Anlage und während der gesamten Betriebsdauer;
- ix. regelmäßige Durchführung eines Benchmarking auf Branchenebene.

Anwendbarkeit

Umfang (z. B. die Detailliertheit) und Art des UMS (z. B. standardisiert oder nicht standardisiert) hängen im Allgemeinen von der Art, der Größe und der Komplexität einer Anlage und der Bandbreite ihrer möglichen Umweltauswirkungen ab.

1.1.2 Lärm

2. BVT zur Minderung/Minimierung von Lärmemissionen bei der Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid ist die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Wahl eines geeigneten Standorts für Lärm verursachende Tätigkeiten
b	Einhausung der Lärm verursachenden Arbeitsvorgänge/Bauteile

	Maßnahme/Technik
c	Vibrationsisolierung der Lärm verursachenden Betriebsvorgänge/Aggregate
d	Verwendung von stoßdämpfendem Material für Aus- und Verkleidungen
e	Schallisolierung von Gebäuden, um Betriebsvorgänge mit mechanischer Materialverarbeitung abzuschirmen
f	Errichtung von Lärmschutzwänden und/oder natürlichen Lärmbarrieren
g	Einsatz von Schalldämpfern an Abgaskaminen
h	Ummantelung von Rohrleitungen und Gebläsen in schalldichten Gebäuden
i	Schließen der Türen und Fenster von eingehausten Bereichen
j	Schallisolierung von Maschinengebäuden
k	Schallisolierung von Wandöffnungen, z. B. durch Einrichtung einer Schleuse an der Eintrittsstelle eines Förderbands
l	Schalldämpfer an Luftaustrittsöffnungen, z. B. für das saubere Gas aus Entstaubungsanlagen
m	Senkung der Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen
n	Schallisolierung von Rohrleitungen
o	Trennung von Lärmquellen und potenziellen Resonanzkomponenten wie Kompressoren und Rohrleitungen
p	Einsatz von Geräuschkämpfern für Ventilatoren
q	Einsatz von schalldämpfenden Modulen für technische Geräte (z. B. Kompressoren)
r	Verwendung von Gummipuffern in Mühlen (Kontakt zwischen Metallen vermeiden)
s	Errichtung von Gebäuden oder Anpflanzung von Bäumen und Büschen zwischen dem Lärmschutzbereich und der Lärm verursachenden Tätigkeit

1.2 BVT-Schlussfolgerungen für die Zementindustrie

Soweit nichts anderes angegeben ist, können die BVT-Schlussfolgerungen in diesem Abschnitt auf alle Anlagen in der Zementindustrie angewandt werden.

1.2.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken

3. BVT zur Minderung der Ofenemissionen und zur effizienten Energienutzung ist, durch Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken einen reibungslosen, stabilen Ofenprozess nahe den Sollwerten für die Prozessparameter zu erreichen:

	Maßnahme/Technik
a	Optimierung der Prozesssteuerung, u. a. mit computergestützten, automatischen Steuerungssystemen
b	Einsatz moderner gravimetrischer Aufgabesysteme für feste Brennstoffe

4. BVT zur Vermeidung und/oder Minderung von Emissionen ist, eine sorgfältige Auswahl und Kontrolle aller Eingangsstoffe in den Ofen vorzunehmen.

Beschreibung

Durch sorgfältige Auswahl und Kontrolle der in den Ofen eingebrachten Stoffe lassen sich die Emissionen reduzieren. Die chemische Zusammensetzung der Stoffe und die Art der Zuführung in den Ofen sind bei der Auswahl zu berücksichtigen. Von besonderem Belang können u. a. die in den BVT 11 und BVT 24 bis 28 aufgeführten Stoffe sein.

1.2.2 Überwachung

5. BVT ist, die Überwachung und Messung von Prozessparametern und Emissionen regelmäßig durchzuführen und Emissionen gemäß den maßgeblichen EN-Normen oder, falls keine EN-Normen vorliegen, anhand von ISO-Normen, nationalen oder anderen internationalen Normen zu überwachen, die Daten von gleichwertiger wissenschaftlicher Qualität gewährleisten:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Kontinuierliche Messungen von Prozessparametern, die die Prozessstabilität aufzeigen, wie Temperatur, O ₂ -Gehalt, Druck und Volumenstrom	Allgemein anwendbar
b	Überwachung und Stabilisierung kritischer Prozessparameter, d. h. gleichmäßige Zuführung von Rohmaterialmischung und Brennstoffen, ordnungsgemäße Dosierung und Sauerstoffüberschuss	Allgemein anwendbar
c	Kontinuierliche Messungen der NH ₃ -Emissionen bei Anwendung von SNCR	Allgemein anwendbar
d	Kontinuierliche Messungen der Staub-, NO _x -, SO _x - und CO-Emissionen	Bei Ofenprozessen anwendbar
e	Periodische Messungen der PCDD/F- und Metallemissionen	
f	Kontinuierliche oder periodische Messungen der HCl-, HF- und TOC-Emissionen	
g	Kontinuierliche oder periodische Staubmessungen	Bei Betriebsabläufen mit Ausnahme von Ofenprozessen anwendbar. Bei kleinen Staubquellen (<10 000 Nm ³ /h) staubender Betriebsvorgänge außer Kühlung und wesentlichen Mahlprozessen sollte die Häufigkeit von Messungen oder Leistungskontrollen auf einem Wartungsmanagementsystem basieren.

Beschreibung

Ob die unter BVT 5 f) genannten Messungen kontinuierlich oder periodisch durchgeführt werden, hängt von der Emissionsquelle und der Art der zu erwartenden Schadstoffe ab.

1.2.3 Energieverbrauch und Verfahrensauswahl**1.2.3.1 Verfahrensauswahl**

6. BVT zur Minderung des Energieverbrauchs ist die Anwendung des Trockenverfahrens mit mehrstufiger Vorwärmung und Vorkalziniierung.

Beschreibung

In diesem Ofensystem können Abgase und rückgewonnene Abwärme aus dem Kühler zum Vorwärmen und Vorkalziniieren des Rohmaterials verwendet werden, bevor es in den Ofen eingeführt wird. Dadurch wird eine beträchtliche Energieeinsparung erreicht.

Anwendbarkeit

Anwendbar in neuen Anlagen und bei wesentlichen Änderungen bestehender Anlagen, in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt des Rohmaterials.

Mit BVT verbundene Energieverbrauchswerte

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1

Mit BVT verbundene Energieverbrauchswerte für neue Anlagen und wesentliche Änderungen bestehender Anlagen, die das Trockenverfahren mit mehrstufiger Vorwärmung und Vorkalzinerung anwenden

Verfahren	Einheit	Mit BVT verbundene Energieverbrauchswerte ⁽¹⁾
Trockenverfahren mit mehrstufiger Vorwärmung und Vorkalzinerung	MJ/t Klinker	2 900 – 3 300 ⁽²⁾ ⁽³⁾

⁽¹⁾ Die Werte gelten nicht für Anlagen zur Herstellung von Spezialzement- oder Weißzementklinker, die aufgrund der Produktspezifikationen sehr viel höhere Prozesstemperaturen benötigen.

⁽²⁾ Unter normalen (ausgenommen z. B. An- und Abfahrvorgänge) und optimierten Betriebsbedingungen.

⁽³⁾ Die Produktionskapazität wirkt sich auf den Energiebedarf aus. Bei höherer Kapazität kann Energie eingespart werden, während der Energiebedarf bei geringerer Kapazität steigt. Auch die Anzahl der Zyklonvorwärmerstufen wirkt sich auf den Energieverbrauch aus: je mehr Zyklonstufen, desto geringer der Energieverbrauch des Ofenprozesses. Wie viele Zyklonstufen angemessen sind, wird hauptsächlich vom Feuchtigkeitsgehalt der Rohmaterialien bestimmt.

1.2.3.2 Energieverbrauch

7. BVT zur Minderung/Minimierung des Wärmeenergieverbrauchs ist die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Verbesserte und optimierte Ofensysteme und ein reibungsloser und stabiler Ofenprozess nahe an den Sollwerten der Prozessparameter durch: I. Optimierung der Prozesssteuerung, u. a. mit computergestützten, automatischen Regelungssystemen; II. moderne gravimetrische Zufuhrsysteme für feste Brennstoffe; III. Vorwärmung und Vorkalzinerung, unter Berücksichtigung der bestehenden Konfiguration der Ofenanlage	Allgemein anwendbar. Inwieweit eine Vorwärmung und Vorkalzinerung bei bestehenden Öfen angewandt werden kann, hängt von der Konfiguration der Ofenanlage ab.
b	Rückgewinnung der überschüssigen Ofenwärme, insbesondere aus der Kühlzone. Vor allem die Überschusswärme aus der Kühlzone des Ofens (Heißluft) oder aus dem Vorwärmer kann zur Trocknung der Rohmaterialien verwendet werden.	In der Zementindustrie allgemein anwendbar. Die Rückgewinnung von Überschusswärme aus der Kühlzone ist möglich, wenn Rostkühler eingesetzt werden. Bei Rotationskühlern ist die Effizienz der Rückgewinnung begrenzt.
c	Verwendung einer den speziellen Eigenschaften der verwendeten Rohmaterialien und Brennstoffe entsprechenden Anzahl an Zyklonstufen.	Zyklonstufen sind in neuen Anlagen und bei wesentlichen Änderungen bestehender Anlagen anwendbar.
d	Verwendung von Brennstoffen mit Eigenschaften, die einen positiven Einfluss auf den Wärmeenergieverbrauch haben.	In Abhängigkeit von der Brennstoffverfügbarkeit ist die Technik in Zementöfen allgemein anwendbar. In bestehenden Öfen hängt die Anwendbarkeit von den technischen Möglichkeiten für die Brennstoffzufuhr ab.
e	Einsatz optimierter und für die Verbrennung von Abfällen geeigneter Zementöfen, wenn konventionelle Brennstoffe durch Sekundärbrennstoffe ersetzt werden.	Bei allen Zementöfen allgemein anwendbar
f	Minimierung von Bypassströmen	In der Zementindustrie allgemein anwendbar

Beschreibung

Verschiedene Faktoren beeinflussen den Energieverbrauch moderner Ofensysteme, z. B. die Eigenschaften der Rohmaterialien (Feuchtegehalt, Brennbarkeit usw.), die Verwendung von Brennstoffen mit unterschiedlichen Eigenschaften und auch der Einsatz eines Gasbypass-Systems. Darüber hinaus beeinflusst auch die Produktionskapazität des Ofens den Energiebedarf.

Maßnahme/Technik 7 c): Die geeignete Anzahl an Zyklonstufen für die Vorwärmung wird durch den Durchsatz und den Feuchtegehalt der Rohmaterialien und der Brennstoffe bestimmt, die durch die Restwärme des Rauchgases getrocknet werden müssen, da die lokal verfügbaren Rohmaterialien in ihrem Feuchtegehalt und ihrer Brennbarkeit sehr unterschiedlich sind.

Maßnahme/Technik 7 d): In der Zementindustrie können konventionelle und Sekundärbrennstoffe eingesetzt werden. Die Kenndaten der eingesetzten Brennstoffe wie ein geeigneter Heizwert und ein geringer Feuchtegehalt wirken sich positiv auf den spezifischen Energieverbrauch des Ofens aus.

Maßnahme/Technik 7 f): Die Entnahme von heißem Rohmaterial und heißem Gas führt zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch von 6-12 MJ/t Klinker pro Prozent entferntes Gas am Ofeneinlauf. Somit wirkt sich die Minimierung der Verwendung eines Gasbypasses positiv auf den Energieverbrauch aus.

8. BVT zur Senkung des Primärenergieverbrauchs ist die Reduzierung des Klinkergehalts von Zement und Zementprodukten.

Beschreibung

Die Reduzierung des Klinkergehalts von Zement und Zementprodukten kann durch Zugabe von Füllstoffen und/oder Zusatzstoffen wie Hochofenschlacke, Kalkstein, Flugasche und Puzzolan im Mahlprozess gemäß entsprechenden Zementnormen erfolgen.

Anwendbarkeit

In der Zementindustrie je nach (lokaler) Verfügbarkeit von Füllstoffen und/oder Zusatzstoffen und Besonderheiten des lokalen Marktes allgemein anwendbar.

9. BVT zur Senkung des Primärenergieverbrauchs ist die Errichtung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen/ Anlagen mit kombinierter Wärme- und Stromerzeugung.

Beschreibung

Der Einsatz von Dampferzeugern zur Stromgewinnung oder von Anlagen zur kombinierten Bereitstellung von Strom und Wärme in der Zementindustrie ist durch Rückgewinnung der Abwärme aus dem Klinkerkühler oder den Ofenabgasen im konventionellen Dampfkreislauf oder durch andere Techniken möglich. Darüber hinaus kann Überschusswärme aus dem Klinkerkühler oder den Ofenabgasen als Fernwärme oder für die Nutzung in industriellen Anwendungen zurückgewonnen werden.

Anwendbarkeit

Die Technik ist in allen Zementöfen anwendbar, wenn ausreichend Überschusswärme zur Verfügung steht und entsprechende Prozessparameter eingehalten werden können und wenn die Wirtschaftlichkeit gewährleistet ist.

10. BVT zur Senkung/Minimierung des Stromverbrauchs ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Energiemanagementsysteme
b	Einsatz von Mahl- und anderen elektrischen Aggregaten mit hoher Energieeffizienz
c	Verbesserte Überwachungssysteme
d	Reduzierung von Falschlufteintritten in die Anlage
e	Optimierung der Prozesssteuerung

1.2.4 Abfalleinsatz

1.2.4.1 Überwachung der Abfallqualität

11. BVT zur Gewährleistung der Eigenschaften der als Rohstoff und/oder Brennstoff im Zementofen einzusetzenden Abfälle und zur Minderung von Emissionen ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Anwendung von Qualitätssicherungssystemen, um die Eigenschaften der als Rohmaterial und/oder Brennstoff im Zementofen einzusetzenden Abfälle zu gewährleisten und diese Abfälle auf folgende Kriterien hin zu prüfen: I. konstante Qualität; II. physikalische Eigenschaften wie Emissionsverhalten, Korngrößenverteilung, Reaktivität, Brennbarkeit, Heizwert; III. chemische Eigenschaften wie Chlor-, Schwefel-, Alkali-, Phosphatgehalt und Gehalt an relevanten Metallen.
b	Kontrolle der relevanten Parameter, wie des Gehalts an Chlor, relevanten Metallen (z. B. Cadmium, Quecksilber, Thallium), Schwefel und Halogenen insgesamt, bei jedem Abfall, der als Rohmaterial und/oder Brennstoff im Zementofen eingesetzt werden soll
c	Durchführung einer Qualitätssicherung bei jeder Abfallcharge

Beschreibung

Verschiedene Abfallarten können Primärrohstoffe und/oder fossile Brennstoffe in der Zementherstellung ersetzen und so zur Schonung natürlicher Ressourcen beitragen.

1.2.4.2 Abfallzuführung in den Ofen

12. BVT zur Gewährleistung der geeigneten Behandlung der als Brennstoff und/oder Rohmaterial in den Öfen eingesetzten Abfälle ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Nutzung geeigneter Zugabestellen am Ofen für die Abfälle hinsichtlich Temperatur und Verweilzeit, die vom Ofendesign und der Ofenführung abhängig sind
b	Zuführung von Abfällen mit organischen Bestandteilen, die sich vor der Brennzone verflüchtigen können, in Ofenzonen mit ausreichend hoher Temperatur
c	Die Öfen so betreiben, dass das bei der Mitverbrennung von Abfällen entstehende Gas kontrolliert und gleichmäßig - selbst unter ungünstigsten Bedingungen - für 2 Sekunden auf eine Temperatur von 850 °C erhitzt wird
d	Die Temperatur auf 1 100 °C erhöhen, wenn gefährliche Abfälle mit einem Gehalt von mehr als 1 Gewichtsprozent an halogenierten organischen Stoffen, angegeben als Chlor, mitverbrannt werden
e	Abfälle kontinuierlich und gleichmäßig zuführen
f	Die Mitverbrennung von Abfällen bei Vorgängen wie dem Anfahren und/oder Abfahren des Ofens, bei denen die unter a) bis d) geforderten Temperaturen und Verweilzeiten nicht erreicht werden können, auf einen späteren Zeitpunkt verschieben oder aussetzen

1.2.4.3 Sicherheitsmanagement bei Verwendung gefährlicher Abfälle

13. BVT ist, ein Sicherheitsmanagement für die Handhabung, Lagerung und Zuführung von gefährlichen Abfällen anzuwenden, beispielsweise in Form eines risikobasierten Ansatzes für die Kennzeichnung, Kontrolle, Beprobung und Untersuchung der zu handhabenden Abfälle entsprechend ihrer Herkunft und Art.

1.2.5 Staubemissionen

1.2.5.1 Diffuse Staubemissionen

14. BVT zur Minimierung/Vermeidung diffuser Staubemissionen von staubenden Vorgängen ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Einfache, geradlinige Gestaltung der Anlage	Nur bei neuen Anlagen anwendbar

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
b	Einhausung/Kapselung von staubenden Vorgängen wie Mahlen, Sieben und Mischen	Allgemein anwendbar
c	Abdeckung von Förderbändern und Höhenförderern, die als geschlossenes System konzipiert werden, wenn mit Staubemissionen aus staubhaltigem Material zu rechnen ist	
d	Reduzierung von Luftleckagen und Lecks, aus denen Rieselgut austreten kann	
e	Einsatz von automatischen Apparaturen und Kontrolleinrichtungen	
f	Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs	
g	Mobile und stationäre Absaugsysteme für eine ordnungsgemäße und umfassende Pflege der Anlage: <ul style="list-style-type: none"> — Bei Wartungsvorgängen oder Störungen an Fördereinrichtungen kann Rieselgut austreten. Um die Bildung diffuser Staubemissionen bei Entnahmevorgängen zu vermeiden, sollten Unterdrucksysteme eingesetzt werden. Neubauten können problemlos mit stationären Absaugeinrichtungen ausgestattet werden, während für bestehende Bauwerke mobile Systeme mit flexiblen Verbindungen meist besser geeignet sind. — In bestimmten Fällen könnte für pneumatische Fördersysteme eine Kreislaufführung bevorzugt werden. 	
h	Entlüftung und Aufnahme der Stäube in Gewebefiltern: <ul style="list-style-type: none"> — Die gesamte Materialhandhabung sollte so weit wie möglich in geschlossenen Systemen mit Unterdruck erfolgen. Die abgesaugte Luft wird dann vor Abgabe an die Atmosphäre durch einen Gewebefilter entstaubt. 	
i	Geschlossene Lagerungssysteme mit automatischen Fördervorrichtungen: <ul style="list-style-type: none"> — Klinkersilos und geschlossene, vollautomatische Rohmateriallager werden als wirksamste Lösung für das Problem der diffusen Staubemissionen aus großen Materiallagern betrachtet. Derartige Lager sind zur Vermeidung diffuser Staubemissionen bei Be- und Entladevorgängen mit einem oder mehreren Gewebefiltern ausgestattet. — Lagersilos mit ausreichender Kapazität, mit Füllstandsmeldern und automatischen Abschaltvorrichtungen sowie mit Filtern für die staubbeladene Luft, die während der Füllvorgänge verdrängt wird. 	
j	Flexible Abfüllrohre zum Verladen des Zements, die mit einer Staubabsaugung ausgerüstet und nahe der Ladefläche des Transportfahrzeugs positioniert sind.	

15. BVT zur Minimierung/Vermeidung diffuser Staubemissionen von Schüttgutlagerbereichen ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Abdeckung oder Einfassung von Schüttgutlagerbereichen oder -halden durch Abschirmungen, Mauern oder vertikale Begrünung (künstliche oder natürliche Windbarrieren zum Windschutz für offene Halden)
b	Windschutz für offene Halden: <ul style="list-style-type: none"> — Offene Lagerhalden mit staubenden Materialien sollten vermieden werden. Falls solche Halden vorhanden sind, kann der diffuse Staub durch geeignete Windbarrieren gemindert werden.
c	Wasserbedüsung und Einsatz chemischer Staubbindemittel: <ul style="list-style-type: none"> — Wenn die Quelle von diffusem Staub eindeutig lokalisiert ist, kann ein Wassersprühsystem installiert werden. Die Befeuchtung von Staubpartikeln begünstigt deren Agglomeration und erleichtert so den Staubniederschlag. Zur Verbesserung der Wirksamkeit der Wasserbedüsung steht auch eine große Auswahl an Bindemitteln zur Verfügung.

	Maßnahme/Technik
d	Befestigung und Befeuchtung von Fahrwegen und organisatorische Maßnahmen: — Von Lastkraftwagen genutzte Bereiche sollten nach Möglichkeit befestigt sein und so sauber wie möglich gehalten werden. Durch Befeuchten der Fahrwege vor allem bei trockenem Wetter können diffuse Staubemissionen reduziert werden. Die Fahrwege können auch mit Straßenkehrmaschinen gereinigt werden. Durch Ordnung und Sauberkeit lassen sich diffuse Staubemissionen auf ein Minimum begrenzen.
e	Befeuchtung von Halden: — Diffuse Staubemissionen von Lagerhalden können mittels ausreichender Befeuchtung der Be- und Entladungspunkte und durch Gebrauch von Förderbändern mit verstellbarer Abwurfhöhe reduziert werden.
f	Wenn diffuse Staubemissionen an den Be- und Entladungspunkten von Lagerplätzen nicht zu vermeiden sind, können sie durch eine nach Möglichkeit automatische Anpassung der Abwurfhöhe an die variierende Höhe der Halde oder durch Herabsetzung der Entladegeschwindigkeit gemindert werden.

1.2.5.2 Gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen

Dieser Abschnitt betrifft Staubemissionen, die aus anderen staubenden Vorgängen als der Ofenfeuerung, der Kühlung oder den wesentlichen Mahlprozessen stammen. Hierunter fallen Prozesse wie das Brechen der Rohmaterialien, Förderbänder und Höhenförderer für das Rohmaterial, die Lagerung von Rohmaterialien, Klinker und Zement, die Lagerung der Brennstoffe und der Versand des Zements.

16. BVT zur Minderung gefasster Staubemissionen ist, ein Wartungsmanagementsystem anzuwenden, das speziell auf die Leistungsfähigkeit der Filter, die für staubende Betriebsvorgänge außer der Ofenfeuerung, Kühlung und wesentliche Mahlprozesse eingesetzt werden, ausgerichtet ist. Unter Berücksichtigung dieses Managementsystems ist es BVT, eine trockene Abgasreinigung mit Filter einzusetzen.

Beschreibung

Bei staubenden Betriebsvorgängen erfolgt die trockene Abgasreinigung üblicherweise mit einem Gewebefilter. In Abschnitt 1.5.1 werden Gewebefilter beschrieben.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen (außer Ofenfeuerung, Kühlung und den wesentlichen Mahlprozessen) beträgt $<10 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessung über mindestens eine halbe Stunde).

Bei kleinen Staubquellen ($<10\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) sollte ein Prioritätsansatz, der hinsichtlich der Häufigkeit der Überwachung der Leistungsfähigkeit der Filter auf dem Wartungsmanagementsystem basiert, berücksichtigt werden (siehe auch BVT 5).

1.2.5.3 Staubemissionen aus der Ofenfeuerung

17. BVT zur Minderung von Staubemissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist der Einsatz einer trockenen Abgasreinigung mit Filter.

	Technik (1)	Technik (1)
a	Elektrofilter	In allen Ofensystemen anwendbar
b	Gewebefilter	
c	Hybridfilter	

(1) Die Techniken werden in Abschnitt 1.5.1 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für Staubemissionen aus dem Abgas der Ofenfeuerung beträgt $<10\text{-}20 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert. Mit Gewebefiltern und mit neuen oder nachgerüsteten Elektrofiltern wird der untere Wert erreicht.

1.2.5.4 Staubemissionen aus Kühl- und Mahlprozessen

18. BVT zur Minderung von Staubemissionen aus dem Abgas von Kühl- und Mahlprozessen ist der Einsatz einer trockenen Abgasreinigung mit Filter.

	Technik ⁽¹⁾	Anwendbarkeit
a	Elektrofilter	Allgemein anwendbar an Klinkerkühlern und Zementmühlen
b	Gewebefilter	Allgemein anwendbar an Klinkerkühlern und Mühlen
c	Hybridfilter	Allgemein anwendbar an Klinkerkühlern und Zementmühlen

⁽¹⁾ Die Techniken werden in Abschnitt 1.5.1 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für Staubemissionen aus dem Abgas von Kühl- und Mahlprozessen beträgt <10-20 mg/Nm³, angegeben als Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessung über mindestens eine halbe Stunde). Mit Gewebefiltern und neuen oder nachgerüsteten Elektrofiltern wird der untere Wert erreicht.

1.2.6 Gasförmige Verbindungen

1.2.6.1 NO_x-Emissionen

19. BVT zur Minderung der NO_x-Emissionen aus dem Abgas der Ofenfeuerung und/oder Vorwärmung/Vorkalzinerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik ⁽¹⁾	Anwendbarkeit
a	Primärmaßnahmen/-techniken	
	I. Flammenkühlung	Anwendbar bei allen Ofentypen zur Zementherstellung. Eine Das Maß der Anwendbarkeit kann durch die Anforderungen an die Produktqualität und mögliche Auswirkungen auf die Prozessstabilität begrenzt sein.
	II. Low-NO _x -Brenner	Anwendbar bei allen Drehrohröfen, sowohl im Hauptofen als auch im Vorkalzinator
	III. Feuerung in der Ofenmitte (engl.: <i>mid-kiln firing</i>)	Allgemein anwendbar bei langen Drehrohröfen
	IV. Zugabe von Mineralisatoren, um die Brennbarkeit des Rohmehls zu verbessern (mineralisierter Klinker)	Allgemein anwendbar bei Drehrohröfen in Abhängigkeit von den Anforderungen an die Qualität des Endprodukts
	V. Prozessoptimierung	Allgemein anwendbar bei allen Öfen.
b	Gestufte Verbrennung (bei konventionellen oder Sekundärbrennstoffen), auch in Kombination mit einem Vorkalzinator und optimiertem Brennstoffmix	Im Allgemeinen nur bei Öfen mit Vorkalzinator anwendbar. An Zyklonvorwärmeröfen ohne Vorkalzinator müssen wesentliche Änderungen vorgenommen werden. In Öfen ohne Vorkalzinator kann durch Zufeuerung von stückigen Brennstoffen die NO _x -Minderung positiv beeinflusst werden, wenn es gelingt, eine kontrollierte Reduktionsatmosphäre zu erzeugen und die entsprechenden CO-Emissionen zu kontrollieren.
c	Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)	Grundsätzlich in Drehrohröfen zur Zementherstellung anwendbar. Die Eindüsungszonen variieren je nach Art des Ofenprozesses. In langen Nass- und langen Trockenöfen kann es schwierig sein, die richtige Temperatur und die erforderliche Verweilzeit zu erreichen. Siehe auch BVT 20.
d	Selektive katalytische Reduktion (SCR)	Die Anwendbarkeit unterliegt einem geeigneten Katalysator und der Weiterentwicklung des Verfahrens für die Zementindustrie.

⁽¹⁾ Die Maßnahmen/Techniken werden Abschnitt 1.5.2 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 2.

Tabelle 2

Mit BVT verbundene Emissionswerte für NO_x im Abgas der Ofenfeuerung und/oder Vorwärmung/Vorkalzinerung in der Zementindustrie

Ofentyp	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert)
Vorwärmeröfen	mg/Nm ³	< 200 – 450 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Lepolöfen und lange Drehrohröfen	mg/Nm ³	400 – 800 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Der obere Wert der mit BVT verbundenen Emissionswerte beträgt 500 mg/Nm³, wenn der NO_x-Ausgangswert nach Anwendung von Primärmaßnahmen/-techniken >1 000 mg/Nm³ beträgt.

⁽²⁾ Das Ofendesign, die Eigenschaften des Brennstoffmixes einschließlich Abfall und die Brennbarkeit des Rohmaterials (z. B. Spezialzement- oder Weißzementklinker) haben einen Einfluss darauf, ob die Werte in der angegebenen Bandbreite liegen. Werte unter 350 mg/Nm³ werden unter günstigen Bedingungen erreicht, wenn die SNCR-Technik eingesetzt wird. Im Jahr 2008 wurde der untere Wert von 200 mg/Nm³ als Monatsmittelwert für drei Anlagen (mit leicht brennbarer Mischung), in denen die SNCR-Technik eingesetzt wurde, angegeben.

⁽³⁾ Abhängig von den Ausgangswerten und dem NH₃-Schlupf.

20. Bei Anwendung von SNCR ist BVT, durch Anwendung der folgenden Maßnahmen/Techniken eine wirksame NO_x-Minderung zu erreichen und dabei den Ammoniakchlupf so gering wie möglich zu halten:

	Maßnahme/Technik
a	Einhaltung eines angemessenen und ausreichenden NO _x -Minderungsgrads bei stabilem Betriebsablauf
b	Sicherstellung einer guten stöchiometrischen Verteilung des Ammoniaks, um eine maximale Wirksamkeit der NO _x -Minderung zu erreichen und den NH ₃ -Schlupf zu begrenzen
c	Den NH ₃ -Schlupf im Abgas (bedingt durch nicht umgesetztes Ammoniak) unter Berücksichtigung der Wechselbeziehung zwischen dem NO _x -Minderungsgrad und dem NH ₃ -Schlupf so gering wie möglich halten

Anwendbarkeit

Die SNCR-Technik ist grundsätzlich in Zement-Drehrohröfen einsetzbar. Die Eindüsungszonen variieren je nach Art des Ofenprozesses. In langen Nass- und Trockenöfen kann es schwierig sein, die richtige Temperatur und die erforderliche Verweilzeit zu erreichen. Siehe auch BVT 19.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 3.

Tabelle 3

Mit BVT verbundene Emissionswerte für den NH₃-Schlupf im Abgas bei Einsatz der SNCR-Technik

Parameter	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert)
NH ₃ -Schlupf	mg/Nm ³	< 30 – 50 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Der Ammoniakchlupf hängt vom NO_x-Ausgangswert und vom NO_x-Minderungsgrad ab. Bei Lepolöfen und langen Drehrohröfen kann der Wert auch höher sein.

1.2.6.2 SO_x-Emissionen

21. BVT zur Minderung/Minimierung der SO_x-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung und/oder Vorwärmung/Kalzinerung ist die Anwendung einer der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik ⁽¹⁾	Anwendbarkeit
a	Zugabe von Absorptionsmitteln	Die Zugabe von Absorptionsmitteln ist grundsätzlich in allen Ofensystemen möglich, obwohl sie vorwiegend bei Zyklonvorwärmern eingesetzt wird. Eine Kalkzugabe über den Rohmaterialpfad mindert die Qualität der Granalien/Kügelchen und verursacht in Lepolöfen Strömungsprobleme. In Vorwärmeröfen hat sich das direkte Einblasen von gelöschtem Kalk in den Abgaspfad als weniger effizient erwiesen als die Zugabe von Kalhydrat über den Rohmaterialpfad.
b	Nasswäscher	In allen Zementöfen mit entsprechenden (ausreichenden) SO ₂ -Niveaus für die Herstellung von Gips anwendbar

⁽¹⁾ Die Maßnahmen/Techniken werden in Abschnitt 1.5.3 erläutert.

Beschreibung

In Abhängigkeit von der Rohmaterial- und Brennstoffqualität können die SO_x-Emissionen gering gehalten werden, so dass keine Minderungstechnik erforderlich ist.

Gegebenenfalls können Primärtechniken und/oder Minderungstechniken wie die Zugabe von Absorptionsmitteln oder Nasswäscher zur Reduzierung der SO_x-Emissionen eingesetzt werden.

Nasswäscher werden bereits in Anlagen mit ungeminderten SO_x-Anfangsemissionen über 800-1 000 mg/Nm³ eingesetzt.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 4.

Tabelle 4

Mit BVT verbundene Emissionswerte für SO_x im Abgas der Ofenfeuerung und/oder Vorwärmung/Vorkalzinerung in der Zementindustrie

Parameter	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (Tagesmittelwert)
SO _x , angegeben als SO ₂	mg/Nm ³	< 50 – 400

⁽¹⁾ Die Bandbreite berücksichtigt den Schwefelgehalt der Rohmaterialien.

⁽²⁾ Bei der Herstellung von Weißzement- und Spezialzementklinker kann der Klinker möglicherweise deutlich weniger Schwefel aus dem Brennstoff zurückhalten, was zu höheren SO_x-Emissionen führt.

22. BVT zur Reduzierung der SO₂-Emissionen aus dem Ofen ist, die Rohmahlprozesse zu optimieren.

Beschreibung

Die Technik besteht aus der Optimierung des Rohmahlprozesses, so dass die Rohmühle zur SO₂-Minderung für den Ofen fungiert. Zu erreichen ist dies durch die Anpassung von Faktoren wie:

- Feuchtegehalt des Rohmaterials,
- Mühlentemperatur,
- Verweildauer in der Mühle,
- Feinheit des Mahlgutes.

Anwendbarkeit

Anwendbar, wenn der Trockenmahlprozess im Verbundbetrieb eingesetzt wird.

1.2.6.3 CO-Emissionen und CO-Trips

1.2.6.3.1 Minderung von CO-Trips

23. Um bei der Verwendung von Elektro- oder Hybridfiltern die Häufigkeit von CO-Trips zu minimieren und ihre Gesamtdauer auf unter 30 Minuten im Jahr zu halten, ist BVT die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Vermeidung von CO-Trips, um die Stillstandszeiten des Elektrofilters zu reduzieren
b	Kontinuierliche automatische CO-Messungen mithilfe eines Überwachungssystems mit kurzer Ansprechzeit nahe an der CO-Quelle

Beschreibung

Da Explosionsgefahr besteht, müssen Elektrofilter bei erhöhten CO-Werten im Abgas aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden. Folgende Techniken verhindern CO-Trips und reduzieren so die Ausfallzeiten des Elektrofilters:

- Kontrolle des Verbrennungsprozesses,
- Kontrolle des Gehalts an organischen Bestandteilen im Rohmaterial,
- Kontrolle der Qualität der Brennstoffe und der Brennstoffzufuhr.

Störungen treten vor allem während der Inbetriebnahmephase auf. Für einen sicheren Betrieb muss der Gasanalysator zum Schutz des Elektrofilters in allen Betriebsphasen eingeschaltet sein. Filterstillstände lassen sich durch ein betriebsbereites Reserveüberwachungssystem reduzieren.

Das System zur kontinuierlichen CO-Überwachung muss hinsichtlich seiner Ansprechzeit optimiert werden und sollte sich nahe der CO-Quelle, beispielsweise am Gasaustritt des Vorwärmerturms oder bei Nassöfen am Ofeneinlauf befinden.

Bei Hybridfiltern wird eine Erdung der Stützkörbe für die Filterschläuche am Filtergehäuse empfohlen.

1.2.6.4 Emissionen an gesamtem organischen Kohlenstoff (TOC)

24. BVT, um die TOC-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung gering zu halten, ist die Vermeidung des Einbringens von Rohmaterialien mit einem hohen Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in das Ofensystem über den Rohmaterialpfad.

1.2.6.5 Emissionen an Chlorwasserstoff (HCl) und Fluorwasserstoff (HF)

25. BVT zur Vermeidung/Reduzierung von HCl-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden primären Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Verwendung von Rohmaterialien und Brennstoffen mit geringem Chlorgehalt
b	Begrenzung des Chlorgehalts in den Abfällen, die als Rohmaterial und/oder Brennstoff im Zementofen eingesetzt werden sollen

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für HCl-Emissionen beträgt $< 10 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde).

26. BVT zur Vermeidung/Reduzierung von HF-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden primären Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Verwendung von Rohmaterialien und Brennstoffen mit geringem Fluorgehalt
b	Begrenzung des Fluorgehalts in den Abfällen, die als Rohmaterial und/oder Brennstoff im Zementofen eingesetzt werden sollen

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für HF-Emissionen beträgt $< 1 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde).

1.2.7 PCDD/F-Emissionen

27. BVT, um die Emissionen von PCDD/F im Abgas der Ofenfeuerung zu vermeiden oder gering zu halten, ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden primären Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Sorgfältige Auswahl und Kontrolle der Einsatzstoffe (Rohmaterialien) hinsichtlich Chlor, Kupfer und flüchtigen organischen Verbindungen	Allgemein anwendbar
b	Sorgfältige Auswahl und Kontrolle der Einsatzstoffe (Brennstoffe) hinsichtlich Chlor und Kupfer	Allgemein anwendbar
c	Begrenzung/Vermeidung der Verwendung von Abfällen, die chlorierte organische Stoffe enthalten	Allgemein anwendbar
d	Vermeidung der Zuführung von Brennstoffen mit einem hohen Halogengehalt (z. B. Chlor) über die Sekundärfeuerung	Allgemein anwendbar
e	Schnelles Abkühlen der Ofenabgase auf unter 200 °C und Minimierung der Verweilzeit der Abgase und des Sauerstoffgehalts in Zonen mit Temperaturen zwischen 300 und 450 °C	Anwendbar bei langen Nass- und langen Trockenöfen ohne Vorwärmer. In modernen Öfen mit Vorwärmer oder Vorkalzinator ist dies anlagebedingt bereits integriert.
f	Aussetzen der Mitverbrennung von Abfällen bei Betriebszuständen wie An- und/oder Abfahrvorgängen	Allgemein anwendbar

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für PCDD/F-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung beträgt $< 0,05\text{-}0,1 \text{ ng PCDD/F I-TEQ/Nm}^3$, angegeben als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (6-8 Stunden).

1.2.8 Metallemissionen

28. BVT zur Minimierung der Metallemissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Auswahl von Materialien mit einem geringen Gehalt an relevanten Metallen und Begrenzung des Gehalts an relevanten Metallen, vor allem Quecksilber
b	Anwendung eines Qualitätssicherungssystems, um die Eigenschaften der eingesetzten Abfallstoffe zu gewährleisten
c	Einsatz wirksamer Entstaubungsmaßnahmen/-techniken gemäß BVT 17

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 5.

Tabelle 5

Mit BVT verbundene Emissionswerte für Metalle im Abgas der Ofenfeuerung

Metalle	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Mittelwert über den Probenahmezeitraum bei Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde)
Hg	mg/Nm ³	< 0,05 ⁽²⁾
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	< 0,05 ⁽¹⁾
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	< 0,5 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Es wurden niedrige Werte berichtet, bedingt durch die Qualität von Rohmaterialien und Brennstoffen.

⁽²⁾ Es wurden niedrige Werte berichtet, bedingt durch die Qualität von Rohmaterialien und Brennstoffen. Werte über 0,03 mg/Nm³ müssen weiter untersucht werden. Bei Werten um 0,05 mg/Nm³ sind zusätzliche Maßnahmen in Betracht zu ziehen (z. B. Senkung der Abgastemperatur, Aktivkohle).

1.2.9 Prozessrückstände/Abfälle

29. BVT zur Minderung fester Abfälle bei der Zementherstellung und zur Einsparung von Rohmaterialien ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Rückführung der abgeschiedenen Stäube in den Produktionsprozess, wo immer es machbar ist	Je nach chemischer Zusammensetzung der Stäube allgemein anwendbar
b	Verwendung der Stäube zur Herstellung anderer Handelsprodukte, soweit es möglich ist	Auf die Entscheidung über die Verwendung der Stäube zur Herstellung anderer Handelsprodukte hat der Betreiber möglicherweise keinen Einfluss.

Beschreibung

Gesammelter Staub kann in den Produktionsprozess zurückgeführt werden, wo immer es machbar ist. Diese Rückführung kann direkt in den Ofen oder in das Rohmehl (dabei ist der Alkalimetallgehalt ein limitierender Faktor) oder durch Verschneiden mit fertigen Zementprodukten erfolgen. Die Rückführung der gesammelten Stäube in den Produktionsprozess erfordert möglicherweise ein Qualitätssicherungsverfahren. Für nicht rückführbares Material wären alternative Verwendungsmöglichkeiten denkbar (z. B. als Zusatz bei der Abgasentschwefelung in Verbrennungsanlagen).

1.3 BVT-Schlussfolgerungen für die Kalkindustrie

Sofern nichts anderes angegeben ist, können die BVT-Schlussfolgerungen in diesem Abschnitt auf alle Anlagen in der Kalkindustrie angewandt werden.

1.3.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken

30. BVT zur Minderung der Ofenemissionen und zur effizienten Energienutzung ist, durch Anwendung der folgenden Maßnahmen/Techniken einen reibungslosen und stabilen Ofenprozess nahe den Sollwerten für die Prozessparameter zu erreichen:

	Maßnahme/Technik
a	Optimierung der Prozesssteuerung, u. a. mit computergestützten automatischen Steuerungssystemen
b	Einsatz von modernen gravimetrischen Aufgabesystemen für feste Brennstoffe und/oder Gasdurchflussmessern

Anwendbarkeit

Eine Optimierung der Prozesssteuerung ist in allen Kalkwerken in unterschiedlichem Umfang möglich. Aufgrund unkontrollierbarer Faktoren wie der Qualität des Kalksteins lassen sich die Prozesse nicht vollständig automatisieren.

31. BVT zur Vermeidung und/oder Minderung von Emissionen ist, die dem Ofen zugeführten Stoffe sorgfältig auszuwählen und zu kontrollieren.

Beschreibung

Die dem Ofen zugeführten Rohmaterialien haben durch die darin enthaltenen Verunreinigungen einen erheblichen Einfluss auf die Emissionen. Durch sorgfältige Auswahl der Rohstoffe lassen sich daher diese Emissionen an der Quelle reduzieren. So wirkt sich z. B. der unterschiedliche Schwefel- und Chlorgehalt von Kalkstein/Dolomit auf die Menge der SO₂- und HCl-Emissionen im Abgas und der Gehalt an organischen Stoffen auf die TOC- und CO-Emissionen aus.

Anwendbarkeit

Die Anwendbarkeit hängt von der (lokalen) Verfügbarkeit von Rohmaterialien mit geringen Verunreinigungen ab. Durch die Art des Endprodukts und den Ofentyp können zusätzliche Einschränkungen gegeben sein.

1.3.2 Überwachung

32. BVT ist, die Überwachung und Messung von Verfahrensparametern und Emissionen regelmäßig durchzuführen und Emissionen gemäß den maßgeblichen EN-Normen, oder, falls keine EN-Normen vorliegen, anhand von ISO-Normen, nationalen oder anderen internationalen Normen zu überwachen, die Daten von gleichwertiger wissenschaftlicher Qualität gewährleisten:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Kontinuierliche Messungen der Prozessparameter, die die Prozessstabilität aufzeigen, z. B. Temperatur, O ₂ -Gehalt, Druck, Durchflussraten und CO-Emissionen	Bei Ofenprozessen anwendbar
b	Überwachung und Stabilisierung kritischer Prozessparameter wie Brennstoffzufuhr, ordnungsgemäße Dosierung und Sauerstoffüberschuss	
c	Kontinuierliche oder periodische Messungen der Staub-, NO _x -, SO _x - und CO-Emissionen und des NH ₃ -Schlupfs bei Einsatz der SNCR-Technik	Bei Ofenprozessen anwendbar
d	Kontinuierliche oder periodische Messungen der HCl- und HF-Emissionen bei Mitverbrennung von Abfällen	Bei Ofenprozessen anwendbar
e	Kontinuierliche oder periodische Messungen der TOC-Emissionen und kontinuierliche Messungen bei der Mitverbrennung von Abfällen	Bei Ofenprozessen anwendbar
f	Periodische Messungen von PCDD/F- und Metall-emissionen	Bei Ofenprozessen anwendbar
g	Kontinuierliche oder periodische Staubbmessungen	Bei allen Prozessen außer Ofenprozessen anwendbar. Bei kleinen Staubquellen (< 10 000 Nm ³ /h) sollte die Häufigkeit der Messungen auf einem Wartungsmanagementsystem basieren.

Beschreibung

Ob die unter BVT 32 c) bis f) genannten Messungen kontinuierlich oder periodisch durchgeführt werden, hängt von der Emissionsquelle und dem zu erwartenden Schadstoff ab.

Für periodische Messungen von Staub-, NO_x-, SO_x- und CO-Emissionen dient eine Häufigkeit von einmal monatlich bis zu einmal jährlich unter normalen Betriebsbedingungen als Anhaltspunkt.

Die Häufigkeit periodischer Messungen von PCDD/F-, TOC-, HCl-, HF- und Metallemissionen sollte sich nach den im Prozess eingesetzten Rohmaterialien und Brennstoffen richten.

1.3.3 Energieverbrauch

33. BVT zur Minderung/Minimierung des Wärmeenergieverbrauch ist die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Beschreibung	Anwendbarkeit
a	<p>Einsatz verbesserter und optimierter Ofensysteme und ein reibungsloser, stabiler Ofenprozess nahe den Sollwerten der Prozessparameter durch:</p> <p>I. Optimierung der Prozesssteuerung;</p> <p>II. Wärmerückgewinnung aus den Abgasen (z. B. Nutzung der Abwärme aus Drehrohröfen zur Trocknung von Kalkstein für andere Prozesse wie das Mahlen von Kalkstein);</p> <p>III. moderne gravimetrische Aufgabesysteme für feste Brennstoffe;</p> <p>IV. Wartung der Anlage (z. B. hinsichtlich Luftdichtigkeit, Verschleiß des Feuerfestmaterials);</p> <p>V. optimierte Korngröße des Kalksteins.</p>	<p>Die Regelparameter des Ofens nahe an ihren Optimalwerten zu halten, führt dazu, dass alle Verbrauchswerte sinken, was u. a. an einer geringeren Anzahl von Stillständen und Betriebsstörungen liegt.</p> <p>Für eine optimierte Korngröße müssen entsprechende Rohstoffe verfügbar sein.</p>	Maßnahme/Technik a) II ist nur in langen Drehrohröfen (LDO) anwendbar.
b	Verwendung von Brennstoffen mit Eigenschaften, die sich positiv auf den Wärmeenergieverbrauch auswirken.	Brennstoffeigenschaften wie ein hoher Heizwert und ein geringer Feuchtegehalt können sich positiv auf den Energieverbrauch auswirken.	Die Anwendbarkeit hängt davon ab, ob es technisch möglich ist, den Ofen mit dem gewählten Brennstoff zu befeuern, und ob geeignete Brennstoffe (mit hohem Heizwert und geringem Feuchtegehalt) verfügbar sind. Hierbei kann die Energiepolitik des Mitgliedstaates eine Rolle spielen.
c	Begrenzung des Luftüberschusses	<p>Eine Senkung des Luftüberschusses für die Verbrennung wirkt sich direkt auf den Brennstoffverbrauch aus, da ein hoher Luftanteil mehr Wärmeenergie benötigt, um die Überschussvolumen aufzuheizen.</p> <p>Nur in langen Drehrohröfen (LDO) und Drehrohröfen mit Vorwärmer (VDO) wirkt sich die Begrenzung des Luftüberschusses auf den Wärmeenergieverbrauch aus.</p> <p>Möglicherweise bewirkt diese Technik einen Anstieg der TOC- und CO-Emissionen.</p>	Anwendbar bei LDO und VDO, eingeschränkt durch die Möglichkeit einer Überhitzung des Ofens, wodurch sich die Lebensdauer der Ofenauskleidung verkürzen würde.

Mit BVT verbundene Energieverbrauchswerte

Siehe Tabelle 6.

Tabelle 6

Mit BVT verbundene Werte für den Wärmeenergieverbrauch in der Kalk- und Dolomitindustrie

Ofentyp	Wärmeenergieverbrauch (1) GJ/t Produkt
Lange Drehrohröfen (LDO, engl.: LRK)	6,0 – 9,2
Vorwärmer-Drehrohröfen (VDO, engl.: PRK)	5,1 – 7,8
Gleichstrom-Gegenstrom-Regenerativöfen (GGRO, engl.: PFRK)	3,2 – 4,2
Ringschachtöfen (RSO, engl.: ASK)	3,3 – 4,9

Ofentyp	Wärmeenergieverbrauch ⁽¹⁾ GJ/t Produkt
Mischgefeuerte Schachtofen (MSO, engl.: MFSK)	3,4 – 4,7
Andere Öfen (AÖ, engl.: OK)	3,5 – 7,0

(¹) Der Energieverbrauch hängt von der Art und Qualität des Produkts, von den Prozessbedingungen und vom Rohmaterial ab.

34. BVT zur Minimierung des Stromverbrauchs ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einsatz von Energiemanagementsystemen
b	Verwendung optimierter Korngrößen des Kalksteins
c	Einsatz von Zerkleinerungs- und anderen elektrischen Aggregaten mit hoher Energieeffizienz

Beschreibung – Maßnahme/Technik b)

Vertikale Öfen können üblicherweise nur größere Kalksteinkörnungen brennen. Drehrohröfen können auch kleinere Fraktionen verwerten, jedoch mit höherem Energieverbrauch. Neue vertikale Öfen brennen auch kleine Körnungen ab 10 mm. Die größeren Granalien des zu brennenden Gesteins werden eher in vertikalen Öfen als in Drehrohröfen eingesetzt.

1.3.4 Verbrauch an Kalkstein

35. BVT zur Minimierung des Kalksteinverbrauchs ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Selektiver Abbau, selektive Zerkleinerung und zielgerichteter Einsatz des Kalksteins (Qualität, Körnung)	In der Kalksteinindustrie allgemein anwendbar. Allerdings ist die Verarbeitung des Kalksteins von seiner Qualität abhängig.
b	Auswahl von Öfen mit optimierter Ofentechnik, die ein breiteres Korngrößenspektrum des Kalksteins verarbeiten können, um den abgebauten Kalkstein optimal zu nutzen.	Anwendbar bei neuen Anlagen und wesentlichen Änderungen des Ofens. Vertikale Öfen können im Prinzip nur grobe Kalksteinkörnungen brennen. In GGRO und/oder Drehrohröfen können auch kleinere Korngrößen gebrannt werden.

1.3.5 Auswahl der Brennstoffe

36. BVT zur Vermeidung/Minderung von Emissionen ist, die dem Ofen zugeführten Brennstoffe sorgfältig auszuwählen und zu kontrollieren.

Beschreibung

Die dem Ofen zugeführten Brennstoffe können aufgrund ihrer Verunreinigungen erhebliche Auswirkungen auf die Luftemissionen haben. Der Gehalt an Schwefel (vor allem bei langen Drehrohröfen), Stickstoff und Chlor wirkt sich auf die SO_x-, NO_x- und HCl-Emissionen im Abgas aus. In Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffs und des eingesetzten Ofentyps kann die Wahl geeigneter Brennstoffe oder Brennstoffmischung zu einer Minderung der Emissionen führen.

Anwendbarkeit

Mit Ausnahme mischgefeuerter Schachtofen können alle Ofentypen in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Brennstoffe, die durch die Energiepolitik des Mitgliedsstaates beeinflusst sein mag, mit allen Brennstoffen und Brennstoffmischungen befeuert werden. Die Brennstoffauswahl hängt auch von der gewünschten Qualität des Endprodukts, den technischen Voraussetzungen für die Brennstoffzufuhr am jeweiligen Ofen sowie von wirtschaftlichen Erwägungen ab.

1.3.5.1 Verwendung von Sekundärbrennstoffen

1.3.5.1.1 Abfallqualitätskontrolle

37. BVT zur Gewährleistung der geforderten Eigenschaften der als Brennstoff im Kalkofen eingesetzten Abfälle ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Anwendung eines Qualitätssicherungssystems, um die geforderten Eigenschaften der Abfälle zu gewährleisten und sämtliche Abfälle, die als Brennstoff im Kalkofen eingesetzt werden sollen, auf folgende Kriterien hin zu prüfen: I. konstante Qualität; II. physikalische Eigenschaften wie Emissionsverhalten, Korngröße, Reaktivität, Brennbarkeit und Heizwert; III. chemische Eigenschaften wie Chlor-, Schwefel-, Alkali- und Phosphatgehalt sowie Gehalt an relevanten Metallen (z. B. Gesamtgehalt an Chrom, Blei, Cadmium, Quecksilber und Thallium)
b	Kontrolle der Menge relevanter Komponenten sämtlicher Abfälle, die als Brennstoff eingesetzt werden sollen, wie Halogene (gesamt), Metalle (z. B. Gesamtgehalt an Chrom, Blei, Cadmium, Quecksilber, Thallium) und Schwefel

1.3.5.1.2 Abfallzuführung in den Ofen

38. BVT zur Vermeidung/Minderung von Emissionen durch den Einsatz von Sekundärbrennstoffen im Ofen ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Geeignete Brenner, denen je nach Ofentyp und Ofenbetrieb geeignete Abfälle zugeführt werden können
b	Betrieb der Öfen in einer Weise, dass das bei der Mitverbrennung von Abfällen entstehende Gas kontrolliert und gleichmäßig – selbst unter ungünstigsten Bedingungen - für 2 Sekunden auf eine Temperatur von 850 °C erhitzt wird
c	Erhöhung der Temperatur auf 1 100 °C, wenn gefährliche Abfälle mit einem Gehalt von mehr als 1 % an halogenierten organischen Stoffen, angegeben als Chlor, mitverbrannt werden
d	Kontinuierliche, gleichmäßige Abfallzuführung
e	Aussetzung der Zuführung von Abfällen bei Vorgängen wie dem Anfahren und/oder Abfahren des Ofens, bei denen die unter c) und d) genannten Temperaturen und Verweilzeiten nicht erreicht werden können

1.3.5.1.3 Sicherheitsmanagement bei Verwendung gefährlicher Abfälle

39. BVT zur Vermeidung unkontrollierter Emissionen ist die Anwendung eines Sicherheitsmanagements für die Lagerung, Handhabung und Zuführung von gefährlichen Abfällen in den Ofen.

Beschreibung

Ein Sicherheitsmanagement für die Lagerung, Handhabung und Zuführung von gefährlichen Abfällen basiert auf einem risikobasierten Konzept für die Kennzeichnung, Kontrolle, Beprobung und Untersuchung der zu handhabenden Abfälle je nach Herkunft und Art des Abfalls.

1.3.6 Staubemissionen

1.3.6.1 Diffuse Staubemissionen

40. BVT zur Minimierung/Vermeidung diffuser Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einhausung/Kapselung von staubenden Vorgängen wie Mahlen, Sieben und Mischen
b	Einsatz geschlossener Förderbänder und Höhenförderer, die als geschlossenes System konzipiert werden, wenn mit Staubemissionen aus staubhaltigen Materialien zu rechnen ist
c	Einsatz von Lagersilos mit ausreichender Kapazität, Füllstandsmeldern mit automatischer Abschaltung und Filtern für die staubbeladene Luft, die während der Füllvorgänge verdrängt wird
d	Kreislaufführung, die für pneumatische Fördersysteme bevorzugt wird

	Maßnahme/Technik
e	Handhabung des Materials in geschlossenen Systemen, die unter Unterdruck gehalten werden und deren Abluft vor der Abgabe an die Luft durch Gewebefilter entstaubt wird
f	Reduzierung der Luftleckagen und Lecks, an denen Rieselgut austreten kann; Dichtigkeit der Anlage
g	Ordnungsgemäße und vollständige Wartung der Anlage
h	Einsatz automatischer Apparaturen und Regeleinrichtungen
i	Einhaltung eines kontinuierlichen, störungsfreien Betriebs
j	Einsatz flexibler, mit Staubabsaugung ausgerüsteter Rohre zur Verladung des Kalks, die nahe an der Ladefläche des Transportfahrzeugs positioniert sind

Anwendbarkeit

Bei Prozessen zur Aufbereitung der Rohmaterialien wie Zerkleinerung und Siebung findet wegen des Feuchtigkeitsgehalts des Rohmaterials normalerweise keine Stauberfassung statt.

41. BVT zur Minimierung/Vermeidung diffuser Staubemissionen von Schüttgutlagerplätzen ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Abdeckung oder Einfassung der Lagerplätze durch Abschirmungen, Mauern oder vertikale Begrünung (künstliche oder natürliche Windbarrieren als Windschutz für offene Halden).
b	Einsatz von Produktsilos und geschlossenen, vollautomatischen Rohmateriallagern. Derartige Lager sind mit einem oder mehreren Gewebefiltern ausgestattet, um die Entstehung diffuser Staubemissionen bei Be- und Entladevorgängen zu verhindern.
c	Minderung diffuser Staubemissionen von Lagerhalden durch ausreichende Befeuchtung der Haldenbe- und -entladestellen und Förderbänder mit verstellbarer Abwurfhöhe. Wenn Befeuchtungs- und Sprühmaßnahmen/-techniken eingesetzt werden, kann der Boden versiegelt und das Überschusswasser gesammelt, ggf. behandelt und in geschlossenen Kreisläufen verwendet werden.
d	Wenn diffuse Staubemissionen an den Be- und Entladestellen der Lagerstätten nicht verhindert werden können, werden sie durch eine nach Möglichkeit automatische Anpassung der Abwurfhöhe an die variierende Höhe der Halde oder durch Herabsetzung der Entladegeschwindigkeit gemindert.
e	Vor allem in trockenen Bereichen werden die Lagerflächen durch Sprühvorrichtungen feucht gehalten und von Reinigungsfahrzeugen gereinigt.
f	Einsatz von Unterdrucksystemen bei Entnahmevorgängen. Neubauten lassen sich problemlos mit stationären Absaugeinrichtungen ausstatten, während für bestehende Gebäude mobile Systeme mit flexiblen Verbindungen meist besser geeignet sind.
g	Die von Lastkraftwagen befahrenen Bereiche werden zur Minderung diffuser Staubemissionen nach Möglichkeit versiegelt, und ihre Oberfläche wird so sauber wie möglich gehalten. Durch Befeuchten der Fahrwege können diffuse Staubemissionen vor allem bei trockenem Wetter reduziert werden. Durch Ordnung und Sauberkeit lassen sich diffuse Staubemissionen auf ein Minimum begrenzen.

1.3.6.2 Gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen mit Ausnahme von Ofenprozessen

42. BVT zur Minderung gefasster Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen mit Ausnahme von Ofenprozessen ist die Anwendung einer der folgenden Techniken und der Einsatz eines Wartungsmanagementsystems, das speziell auf die Leistungsfähigkeit der Filter ausgerichtet ist:

	Technik ⁽¹⁾ ⁽²⁾	Anwendbarkeit
a	Gewebefilter	Allgemein anwendbar auf Mahl- und Zerkleinerungsanlagen und Nebenanlagen in der Kalkindustrie, auf Materialtransport sowie Lagerungs- und Verladeeinrichtungen. Die Anwendbarkeit von Gewebefiltern in Kalklöschanlagen kann wegen der hohen Feuchtigkeit und der niedrigen Abgastemperaturen eingeschränkt sein.
b	Nassabscheider	Vor allem in Kalklöschanlagen einsetzbar

⁽¹⁾ Die Techniken werden in Abschnitt 1.6.1 erläutert.

⁽²⁾ Gegebenenfalls können Zentrifugal-/Zyklonabscheider zur Vorbehandlung der Abgase eingesetzt werden.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 7.

Tabelle 7

Mit BVT verbundene Emissionswerte für gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen mit Ausnahme der Ofenfeuerung

Technik	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
Gewebefilter	mg/Nm ³	< 10
Nassabscheider	mg/Nm ³	< 10 – 20

Bei kleinen Staubquellen (<10 000 Nm³/h) sollte hinsichtlich der Häufigkeit der Überwachung der Leistungsfähigkeit der Filter ein Prioritätsansatz berücksichtigt werden (siehe auch BVT 5).

1.3.6.3 Staubemissionen aus der Ofenfeuerung

43. BVT zur Minderung von Staubemissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist eine trockene Abgasreinigung mit Filter. Folgende Techniken können einzeln oder in Kombination angewendet werden:

	Technik ⁽¹⁾	Anwendbarkeit
a	Elektrofilter	Anwendbar an allen Ofensystemen
b	Gewebefilter	Anwendbar an allen Ofensystemen
c	Nassabscheider	Anwendbar an allen Ofensystemen
d	Zentrifugal-/Zyklonabscheider	Zentrifugalabscheider eignen sich nur als Vorabscheider. Sie können zur Vorreinigung der Abgase aller Ofensysteme eingesetzt werden.

⁽¹⁾ Die Techniken werden in Abschnitt 1.6.1 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 8.

Tabelle 8

Mit BVT verbundene Emissionswerte für Staubemissionen im Abgas der Ofenfeuerung:

Technik	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
Gewebefilter	mg/Nm ³	< 10
Elektrofilter oder andere Filter	mg/Nm ³	< 20 (*)

(*) In Ausnahmefällen, bei hohem Widerstand des Staubs, kann der mit BVT verbundene Emissionswert bis zu 30 mg/Nm³ (Tagesmittelwert) betragen.

1.3.7 Gasförmige Verbindungen

1.3.7.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken zur Minderung der Emissionen gasförmiger Verbindungen

44. BVT zur Minderung der Emissionen gasförmiger Verbindungen (NO_x , SO_x , HCl, CO, TOC/VOC, flüchtige Metalle) im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Sorgfältige Auswahl und Kontrolle der dem Ofen zugeführten Stoffe	Allgemein anwendbar
b	Begrenzung der Vorläuferschadstoffe in den Brennstoffen und möglichst auch in den Rohmaterialien durch: I. Auswahl von Brennstoffen mit geringem Gehalt an Schwefel (insbesondere bei langen Drehrohröfen), Stickstoff und Chlor, soweit sie verfügbar sind; II. Auswahl von Rohmaterialien mit einem niedrigen Organikgehalt, soweit es möglich ist; III. Auswahl von für den Prozess und den Brenner geeigneten Sekundärbrennstoffen.	In Abhängigkeit von der lokalen Verfügbarkeit von Rohmaterialien und Brennstoffen, dem Ofentyp, der gewünschten Produktqualität und den technischen Möglichkeiten, die Brennstoffe dem jeweiligen Ofen zuzuführen, in der Kalkindustrie allgemein anwendbar
c	Prozessoptimierung, um eine wirksame Absorption des Schwefeldioxids zu gewährleisten (z.B. ausreichender Kontakt der Ofengase mit dem Branntkalk)	In allen Kalkanlagen anwendbar. Im Allgemeinen lassen sich aufgrund unkontrollierbarer Faktoren wie der unterschiedlichen Qualität des Kalksteins die Prozesse nicht vollständig automatisieren.

1.3.7.2 NO_x -Emissionen

45. BVT zur Minderung der NO_x -Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Primärmaßnahmen/-techniken	
	I. Auswahl geeigneter Brennstoffe mit einer Begrenzung ihres Stickstoffgehalts	In der Kalkindustrie in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Brennstoffe, die von der Energiepolitik des Mitgliedstaates beeinflusst sein kann, und den technischen Möglichkeiten, einen bestimmten Brennstofftyp dem jeweiligen Ofen zuzuführen, allgemein anwendbar.
	II. Prozessoptimierung, einschließlich Ausgestaltung der Flammenform und Temperaturprofil	Prozessoptimierung und Prozesssteuerung sind in der Kalkindustrie anwendbar, allerdings ist dies abhängig von der gewünschten Qualität des Endprodukts.
	III. Brennergestaltung (Low- NO_x -Brenner) ⁽¹⁾	Low- NO_x -Brenner sind aufgrund des hohen Primärluftanteils in Drehrohröfen und Ringschachtöfen einsetzbar. In GGR-Öfen und anderen Schachtöfen, die mit flammenloser Verbrennung arbeiten, sind Low- NO_x -Brenner deshalb nicht einsetzbar.
	IV. Gestufte Verbrennung ⁽¹⁾	In Schachtöfen nicht anwendbar. Nur in Drehrohröfen mit Vorwärmer anwendbar, jedoch nicht bei der Herstellung von hartgebranntem Kalk. Einschränkungen können durch das gewünschte Endprodukt gegeben sein, weil es zu einer Überhitzung bestimmter Ofenbereiche und dadurch zum vorzeitigen Verschleiß der Ofenauskleidung kommen kann.
b	SNCR ⁽¹⁾	In Lepol-Drehrohröfen einsetzbar. Siehe auch BVT 46.

⁽¹⁾ Die Maßnahmen/Techniken werden in Abschnitt 1.6.2 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 9.

Tabelle 9

Mit BVT verbundene Emissionswerte für NO_x im Abgas der Ofenfeuerung in der Kalkindustrie

Ofentyp	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde), angegeben als NO ₂)
GGRO, RSO, MSO, andere Schachtöfen	mg/Nm ³	100 – 350 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
LDO, VDO	mg/Nm ³	< 200 – 500 ⁽¹⁾ ⁽²⁾

⁽¹⁾ Der obere Wertebereich gilt für die Erzeugung von Dolomitkalk und hartgebranntem Kalk. Noch höhere als die angegebenen Werte können bei der Herstellung von gesintertem Dolomitkalk auftreten.

⁽²⁾ Bei LDO und VDO mit Schachtvorwärmer, die hartgebrannten Kalk erzeugen, kann der obere Wert bis zu 800 mg/Nm³ betragen.

⁽³⁾ Wenn die unter BVT 45 a) I. genannten primären Maßnahmen/Techniken nicht ausreichen, um diesen Wert zu erreichen, und keine Sekundärmaßnahmen/-techniken zur Verfügung stehen, um die NO_x-Emissionen auf 350 mg/Nm³ zu begrenzen, beträgt der obere Wert 500 mg/Nm³, insbesondere für hartgebrannten Kalk und für den Einsatz von Biomasse als Brennstoff.

46. Wenn die SNCR-Technik zum Einsatz kommt, ist BVT das Erreichen einer wirksamen NO_x-Minderung bei gleichzeitig möglichst geringem Ammoniakschlupf durch Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einhaltung eines angemessenen und ausreichenden NO _x -Minderungsgrads bei stabilem Betriebsablauf
b	Sicherstellung eines guten stöchiometrischen Verhältnisses und einer guten stöchiometrischen Verteilung des Ammoniaks, um eine maximale Wirksamkeit der NO _x -Minderung zu erreichen und den NH ₃ -Schlupf zu begrenzen
c	Den NH ₃ -Schlupf im Abgas (bedingt durch nicht umgesetztes Ammoniak) unter Berücksichtigung der Wechselbeziehung zwischen dem NO _x -Minderungsgrad und dem NH ₃ -Schlupf so gering wie möglich halten

Anwendbarkeit

Nur in Lepol-Drehrohröfen anwendbar, in denen die ideale Temperaturspanne von 850 bis 1 020 °C erreicht werden kann. Siehe auch BVT 45, Maßnahme/Technik b).

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für den NH₃-Schlupf im Abgas beträgt < 30 mg/Nm³, angegeben als Tagesmittelwert oder als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde).

1.3.7.3 SO_x-Emissionen

47. BVT zur Minderung der SO_x-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Prozessoptimierung, um eine effiziente Absorption von Schwefeldioxid sicherzustellen (z. B. wirksamen Kontakt des Ofengases mit dem Branntkalk gewährleisten)	Die Optimierung der Prozesssteuerung ist in allen Kalkwerken möglich.
b	Auswahl von Brennstoffen mit niedrigem Schwefelgehalt	Allgemein anwendbar je nach Brennstoffverfügbarkeit, insbesondere in langen Drehrohröfen (LDO) wegen der hohen SO _x -Emissionen
c	Einsatz von Absorptionstechniken (z. B. Eindüsung von Absorbentien, trockene Abgasreinigung mit Filter, Nassabscheider oder Eindüsung von Aktivkohle) ⁽¹⁾	Absorptionstechniken sind in der Kalkindustrie grundsätzlich anwendbar, doch 2007 wurden sie noch nicht eingesetzt. Insbesondere die Anwendbarkeit in Drehrohröfen muss genauer untersucht werden.

⁽¹⁾ Die Maßnahmen/Techniken werden in Abschnitt 1.6.3 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 10.

Tabelle 10

Mit BVT verbundene Emissionswerte für SO_x im Abgas der Ofenfeuerung in der Kalkindustrie

Ofentyp	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde), SO _x ange- geben als SO ₂)
GGRO, RSO, MSO, andere Schachtö- fen, VDO	mg/Nm ³	< 50 – 200
LDO	mg/Nm ³	< 50 – 400

⁽¹⁾ Der Wert hängt vom SO_x-Ausgangsniveau im Abgas und von der Minderungsmaßnahme/-technik ab.⁽²⁾ Bei der Herstellung von gesintertem Dolomitkalk, der im Zwei-Stufen-Prozess hergestellt wird, können die SO_x-Emissionen den angegebenen oberen Wertebereich übersteigen.

1.3.7.4 CO-Emissionen und CO-Trips

1.3.7.4.1 CO-Emissionen

48. BVT zur Minderung der CO-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Auswahl von Rohmaterialien mit niedrigem Organik- gehalt	In der Kalkindustrie allgemein anwendbar je nach loka- ler Verfügbarkeit und Zusammensetzung der Rohmate- rialien, des Ofentyps und Qualität des Endprodukts
b	Prozessoptimierung, um eine stabile und vollständige Verbrennung zu erreichen	In allen Kalkwerken anwendbar Aufgrund unkontrollierbarer Faktoren wie der Qualität des Kalksteins ist eine vollständige Prozessautomatisie- rung im Allgemeinen nicht zu erreichen.

In diesem Zusammenhang sind auch BVT 30 und 31 in Abschnitt 1.3.1 sowie BVT 32 in Abschnitt 1.3.2 zu beachten.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 11.

Tabelle 11

Mit BVT verbundene Emissionswerte für CO im Abgas der Ofenfeuerung

Ofentyp	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
GGRO, andere Schachtöfen, LDO, VDO	mg/Nm ³	< 500

⁽¹⁾ In Abhängigkeit von den verwendeten Rohmaterialien und/oder der Art des produzierten Kalks, z. B. hydraulischem Kalk, kann der Wert höher sein.⁽²⁾ Der mit BVT verbundene Emissionswert gilt nicht für MSO und RSO.

1.3.7.4.2 Minderung von CO-Trips

49. Bei Einsatz von Elektrofiltern ist BVT zur Minimierung der Häufigkeit von CO-Trips die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Vermeidung von CO-Trips, um die Stillstandszeiten des Elektrofilters zu verringern
b	Kontinuierliche automatische CO-Messungen mithilfe eines Überwachungssystems mit kurzer Ansprechzeit nahe an der CO-Quelle

Beschreibung

Da Explosionsgefahr besteht, müssen Elektrofilter bei erhöhten CO-Werten im Abgas aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden. Mit folgenden Maßnahmen/Techniken werden CO-Trips vermieden und dadurch bedingte Ausfallzeiten des Elektrofilters verringert:

- Kontrolle des Verbrennungsprozesses,
- Kontrolle des Gehalts an organischen Stoffen im Rohmaterial,
- Kontrolle der Qualität der Brennstoffe und der Brennstoffzufuhr.

Störungen treten vor allem während der Inbetriebnahmephase auf. Für einen sicheren Betrieb muss der Gasanalysator zum Schutz des Elektrofilters in allen Betriebsphasen eingeschaltet sein. Filterausfälle lassen sich durch ein betriebsbereites Reserveüberwachungssystem reduzieren.

Die Reaktionszeit des Systems zur kontinuierlichen CO-Überwachung muss optimiert werden. Das System sollte sich nahe der CO-Quelle, beispielsweise am Gasaustritt des Vorwärmerturns oder bei Nassöfen am Ofeneinlauf befinden.

Anwendbarkeit

Allgemein bei Drehrohröfen anwendbar, die mit Elektrofiltern ausgestattet sind.

1.3.7.5 Emissionen an gesamtem organischem Kohlenstoff (TOC)

50. BVT zur Minderung der TOC-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Anwendung der allgemeinen Primärmaßnahmen/-techniken (siehe auch BVT 30 und 31 in Abschnitt 1.3.1 sowie BVT 32 in Abschnitt 1.3.2)
b	Vermeidung des Einbringens von Rohmaterialien mit einem hohen Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen in das Ofensystem (außer zur Erzeugung von hydraulischem Kalk)

Anwendbarkeit

Zur Anwendung der allgemeinen Primärmaßnahmen/-techniken siehe auch BVT 30 und 31 in Abschnitt 1.3.1 sowie BVT 32 in Abschnitt 1.3.2.

Maßnahme/Technik b) ist in der Kalkindustrie allgemein anwendbar je nach Verfügbarkeit örtlicher Rohmaterialien und/oder Art des hergestellten Kalks.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 12.

Tabelle 12

Mit BVT verbundene Emissionswerte für TOC im Abgas der Ofenfeuerung

Ofentyp	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert ⁽¹⁾ (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
LDO, VDO	mg/Nm ³	< 10
RSO, MSO ⁽²⁾ , GGRO ⁽²⁾	mg/Nm ³	< 30

⁽¹⁾ Je nach Organikgehalt der verwendeten Rohmaterialien und/oder Art des produzierten Kalks, insbesondere von hydraulischem Kalk, kann der Wert höher sein.

⁽²⁾ In Ausnahmefällen kann der Wert höher sein.

1.3.7.6 Emissionen an Chlorwasserstoff (HCl) und Fluorwasserstoff (HF)

51. Bei Einsatz von Abfällen ist BVT zur Minderung der HCl- und HF-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung die Anwendung folgender Primärmaßnahmen/-techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einsatz von konventionellen Brennstoffen mit geringem Chlor- und Fluorgehalt
b	Begrenzung des Chlor- und Fluorgehalts sämtlicher Abfälle, die im Kalkofen als Brennstoff verwendet werden sollen

Anwendbarkeit

Die Maßnahmen/Techniken sind in Abhängigkeit von der lokalen Verfügbarkeit geeigneter Brennstoffe in der Kalkindustrie allgemein anwendbar.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 13.

Tabelle 13

Mit BVT verbundene Emissionswerte für HCl und HF im Abgas der Ofenfeuerung bei Verwendung von Abfällen

Emission	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
HCl	mg/Nm ³	< 10
HF	mg/Nm ³	< 1

1.3.8 PCDD/F-Emissionen

52. BVT zur Vermeidung oder Minderung von PCDD/F-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Primärmaßnahmen/-techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Auswahl von Brennstoffen mit geringem Chlorgehalt
b	Begrenzung des Kupfereintrags über die Brennstoffe
c	Minimierung der Verweilzeit der Abgase und Minimierung des Sauerstoffgehalts in Zonen mit Temperaturen zwischen 300 und 450 °C

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Die mit BVT verbundenen Emissionswerte betragen < 0,05-0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm³, angegeben als Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (6-8 Stunden).

1.3.9 Metallemissionen

53. BVT zur Minderung der Emissionen von Metallen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Auswahl von Brennstoffen mit geringem Metallgehalt
b	Anwendung eines Qualitätssicherungssystems, um die Eigenschaften der verwendeten Sekundärbrennstoffe zu gewährleisten
c	Begrenzung des Gehalts an relevanten Metallen in den Materialien, vor allem Quecksilber
d	Anwendung von effizienten Staubminderungsmaßnahmen/-techniken (siehe BVT 43) einzeln oder in Kombination

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 14.

Tabelle 14

Mit BVT verbundene Emissionswerte für Metalle im Abgas der Ofenfeuerung bei Verwendung von Abfällen

Metalle	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
Hg	mg/Nm ³	< 0,05
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	< 0,05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	< 0,5

Anm.: Bei Anwendung der unter BVT 53 a) bis d) genannten Maßnahmen/Techniken wurden niedrige Werte gemeldet.

Siehe hierzu auch BVT 37 (Abschnitt 1.3.5.1.1) und BVT 38 (Abschnitt 1.3.5.1.2).

1.3.10 Prozessrückstände/Abfälle

54. BVT zur Reduzierung der fester Abfälle aus der Kalkherstellung und zur Einsparung von Rohmaterialien ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Wiederverwendung der abgeschiedenen Stäube und anderer Partikel (Sand, Kies usw.) im Prozess	Allgemein anwendbar, sofern die praktischen Voraussetzungen gegeben sind
b	Verwendung der Stäube und des nicht den Spezifikationen entsprechenden Brannt- und Löschkalks in ausgewählten Handelsprodukten	In einigen ausgewählten Handelsprodukten allgemein anwendbar, wann immer machbar

1.4 BVT-Schlussfolgerungen für die Magnesiumoxidindustrie

Sofern nichts anderes angegeben ist, können die BVT-Schlussfolgerungen in diesem Abschnitt auf alle Anlagen in der Magnesiumoxidindustrie (trockene Verfahrensrouten) angewandt werden.

1.4.1 Überwachung

55. BVT ist, die Überwachung und Messung von Verfahrensparametern und Emissionen regelmäßig durchzuführen und Emissionen anhand der maßgeblichen EN-Normen oder, falls keine EN-Normen vorliegen, anhand von ISO-Normen, nationalen oder anderen internationalen Normen zu überwachen, die Daten von gleichwertiger wissenschaftlicher Qualität gewährleisten:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Kontinuierliche Messungen von Prozessparametern, die die Prozessstabilität aufzeigen, beispielsweise Temperatur, O ₂ -Gehalt, Druck und Durchflussrate	Bei Ofenprozessen allgemein anwendbar
b	Überwachung und Stabilisierung kritischer Prozessparameter, d. h. Zufuhr von Rohmaterialien und Brennstoffen, ordnungsgemäße Dosierung und Sauerstoffüberschuss	
c	Kontinuierliche oder periodische Messungen der Staub-, NO _x -, SO _x - und CO-Emissionen	Bei Ofenprozessen allgemein anwendbar
d	Kontinuierliche oder periodische Messungen der Staubemissionen	Bei allen Prozessen außer bei Ofenprozessen anwendbar. Bei kleinen Staubquellen (< 10 000 Nm ³ /h) sollte die Häufigkeit der Messungen oder Leistungskontrollen auf einem Wartungsmanagementsystem basieren.

Beschreibung

Ob die unter BVT 55 c) genannten Messungen kontinuierlich oder periodisch durchgeführt werden, hängt von der Emissionsquelle und dem zu erwartenden Schadstoff ab.

Für periodische Messungen von Staub-, NO_x-, SO_x- und CO-Emissionen dient eine Häufigkeit von einmal monatlich bis zu einmal jährlich unter normalen Betriebsbedingungen als Anhaltspunkt.

1.4.2 Energieverbrauch

56. BVT zur Reduzierung des Wärmeenergieverbrauchs ist die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Beschreibung	Anwendbarkeit
a	Verbesserte und optimierte Ofensysteme und Gewährleistung eines reibungslosen und stabilen Ofenprozesses durch I. Optimierung der Prozesssteuerung; II. Wärmerückgewinnung aus dem Abgas von Öfen und Kühlern.	Wärmerückgewinnung aus dem Abgas durch Vorwärmen des Magnesits kann den Brennstoffenergieverbrauch senken. Abwärme aus dem Ofen kann zum Trocknen von Brennstoffen, Rohmaterialien und einigen Verpackungsmaterialien genutzt werden.	Eine Optimierung der Prozesssteuerung ist bei allen Ofentypen in der Magnesiumindustrie möglich.
b	Verwendung von Brennstoffen, die sich positiv auf den Wärmeenergiebedarf auswirken	Brennstoffeigenschaften wie ein hoher Heizwert und ein geringer Feuchtigkeitsgehalt wirken sich positiv auf den Wärmeenergiebedarf aus.	Allgemein anwendbar je nach Brennstoffverfügbarkeit, Ofentyp, gewünschten Produktqualitäten und den technischen Möglichkeiten für die Zufuhr der Brennstoffe in den Ofen.
c	Begrenzung des Luftüberschusses	In der Praxis beträgt der Sauerstoffüberschuss zur Erreichung der gewünschten Produktqualität und für eine optimale Verbrennung normalerweise 1 bis 3 %.	Allgemein anwendbar

Mit BVT verbundene Energieverbrauchswerte

Der mit BVT verbundene Wärmeenergieverbrauch beträgt in Abhängigkeit vom Prozess und den Produkten 6 bis 12 GJ/t⁽¹⁾.

57. BVT zur Minimierung des Stromverbrauchs ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einsatz von Energiemanagementsystemen
b	Einsatz von Zerkleinerungs- und anderen elektrischen Geräten mit hoher Energieeffizienz

1.4.3 Staubemissionen**1.4.3.1 Diffuse Staubemissionen**

58. BVT zur Minimierung/Vermeidung diffuser Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Einfache, lineare Gestaltung der Anlage
b	In Ordnung Halten von Gebäuden und Straßen und eine ordnungsgemäße und umfassende Wartung der Anlage
c	Befeuchtung der Rohmaterialhalden
d	Einhausung/Kapselung von staubenden Vorgängen wie Mahlen und Sieben
e	Einsatz geschlossener Förderbänder und Höhenförderer, die als geschlossenes System konzipiert werden, wenn mit Staubemissionen aus staubhaltigem Material zu rechnen ist

⁽¹⁾ Diese Spanne spiegelt nur die Informationen im Kapitel des BVT-Merkblatts über Magnesiumoxid wider. Genauere Angaben zu den wirksamsten Maßnahmen/Techniken für die jeweils hergestellten Produkte liegen nicht vor.

	Maßnahme/Technik
f	Einsatz von Lagersilos mit ausreichender Kapazität, ausgestattet mit Filtern für die staubbeladene Luft, die während der Füllvorgänge verdrängt wird
g	Eine Kreislaufführung, die für pneumatische Fördersysteme bevorzugt wird
h	Reduzierung von Luftleckagen und Lecks, an denen Rieselgut austreten kann
i	Einsatz automatischer Apparaturen und Regeleinrichtungen
k	Einhaltung eines kontinuierlichen, störungsfreien Betriebs

1.4.3.2 Gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen außer der Ofenfeuerung

59. BVT zur Minderung gefasster Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen außer der Ofenfeuerung ist eine Abgasreinigung mit Filter durch Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Maßnahmen/Techniken und die Anwendung eines Wartungsmanagementsystems, das speziell auf die Leistungsfähigkeit der Techniken ausgerichtet ist:

	Technik (1)	Anwendbarkeit
a	Gewebefilter	In allen Einheiten in der Magnesiumoxidindustrie allgemein anwendbar, insbesondere bei staubenden Betriebsvorgängen wie Sieben, Mahlen und Zerkleinern
b	Zentrifugal-/Zyklonabscheider	Aufgrund des systembedingt begrenzten Abscheidegrads werden Zyklonabscheider vor allem als Vorabscheider für Grobstaub und Abgase eingesetzt..
c	Nassabscheider	Allgemein anwendbar

(1) Die Techniken werden in Abschnitt 1.7.1 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für gefasste Staubemissionen aus staubenden Betriebsvorgängen mit Ausnahme der Ofenfeuerung beträgt $< 10 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessung über mindestens eine halbe Stunde).

Bei kleinen Staubquellen ($< 10\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) sollte ein Prioritätsansatz, der hinsichtlich der Häufigkeit der Überwachung der Leistungsfähigkeit der Filter auf einem Wartungsmanagementsystem basiert, berücksichtigt werden (siehe BVT 55).

1.4.3.3 Staubemissionen aus der Ofenfeuerung

60. BVT zur Minderung von Staubemissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist, eine Abgasreinigung mit Filter durch Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Techniken vorzunehmen:

	Technik (1)	Anwendbarkeit
a	Elektrofilter	Elektrofilter werden vor allem in Drehrohröfen eingesetzt. Sie sind für Abgastemperaturen über dem Taupunkt bis zu $370\text{-}400 \text{ °C}$ geeignet.
b	Gewebefilter	Gewebefilter zur Staubabscheidung aus Abgasen können grundsätzlich in allen Einheiten der Magnesiumoxidindustrie eingesetzt werden. Sie sind für Abgastemperaturen über dem Taupunkt bis zu 280 °C geeignet. Bei der Herstellung von kaustischer und gesinterter/totgebrannter Magnesia sind wegen der hohen Temperaturen, der korrosiven Eigenschaften und des großen Abgasvolumens im Ofenprozess spezielle Gewebefilter aus besonders hitzebeständigem Material erforderlich. Bei der Herstellung von totgebrannter Magnesia hat sich allerdings gezeigt, dass für Abgastemperaturen von ca. 400 °C bei der Magnesiumherstellung keine geeigneten Filter erhältlich sind.

	Technik ⁽¹⁾	Anwendbarkeit
c	Zentrifugal-/Zyklonabscheider	Aufgrund des systembedingt begrenzten Abscheidegrads werden Zyklonabscheider vor allem als Vorabscheider für Grobstaub und Abgase eingesetzt.
d	Nassabscheider	Allgemein anwendbar

⁽¹⁾ Die Techniken werden in Abschnitt 1.7.1 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für Staub im Abgas der Ofenfeuerung beträgt $< 20\text{-}35 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde).

1.4.4 Gasförmige Verbindungen

1.4.4.1 Allgemeine primäre Maßnahmen/Techniken zur Minderung der Emissionen gasförmiger Verbindungen

61. BVT zur Minderung der Emissionen gasförmiger Verbindungen (NO_x , HCl, SO_x , CO) im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer oder einer Kombination der folgenden Primärmaßnahmen/-techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Sorgfältige Auswahl und Kontrolle der dem Ofen zugeführten Stoffe, um den Gehalt an Schadstoffvorläufersubstanzen zu reduzieren: I. Auswahl von Brennstoffen mit geringem Gehalt an Schwefel (soweit verfügbar), Chlor und Stickstoff; II. Auswahl von Rohmaterialien mit geringem Gehalt an organischen Stoffen; III. Auswahl von Sekundärbrennstoffen, die für den Prozess und den Brenner geeignet sind.	In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Rohmaterialien und Brennstoffen, dem eingesetzten Ofentyp, den angestrebten Produkteigenschaften und den technischen Möglichkeiten, die Brennstoffe dem jeweiligen Ofen zuzuführen, allgemein anwendbar. Man kann davon ausgehen, dass Abfälle in der Magnesiumoxidindustrie als Brennstoffe eingesetzt werden könnten, doch 2007 wurden sie noch nicht eingesetzt.
b	Prozessoptimierung, um einen gleichmäßigen und stabilen Ofenprozess nahe am stöchiometrischen Luftbedarf zu gewährleisten	Eine Optimierung der Prozesssteuerung ist bei allen Ofentypen in der Magnesiumoxidindustrie möglich. Eventuell ist dazu ein hoch entwickeltes Prozesssteuersystem erforderlich.

1.4.4.2 NO_x -Emissionen

62. BVT zur Minderung der NO_x -Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist eine Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Auswahl geeigneter Brennstoffe mit einer Begrenzung ihres Stickstoffgehalts	In Abhängigkeit von der Brennstoffverfügbarkeit allgemein anwendbar
b	Prozessoptimierung und verbesserte Feuerungstechnik	In der Magnesiumoxidindustrie allgemein anwendbar

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für NO_x (angegeben als NO_2) im Abgas der Ofenfeuerung beträgt $< 500\text{-}1\ 500 \text{ mg/Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde). Die höheren Werte beziehen sich auf den Hochtemperaturprozess zur Herstellung von totgebrannter Magnesia.

1.4.4.3 CO-Emissionen und CO-Trips

1.4.4.3.1 CO-Emissionen

63. BVT zur Minderung der CO-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer Kombination folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Auswahl von Rohmaterialien mit niedrigem Organikgehalt	Da CO-Emissionen teilweise durch die organischen Bestandteile der Rohmaterialien verursacht werden, können sie durch Rohstoffe mit geringem Organikgehalt gemindert werden.
b	Optimierung der Prozesssteuerung	Eine vollständige, ordnungsgemäße Verbrennung ist Voraussetzung für die Reduzierung der CO-Emissionen. Sowohl die Luftzuführung vom Kühler, die Primärluft als auch der Zug des Kamingebläses können gesteuert werden, um einen Sauerstoffüberschuss zwischen 1 % (gesintert) und 1,5 % (kaustisch) während der Verbrennung aufrecht zu erhalten. Durch Änderung der Luft- und Brennstoffzufuhr können die CO-Emissionen gemindert werden. Auch durch Änderung der Eindringtiefe des Brenners lassen sich die CO-Emissionen reduzieren.
c	Kontrollierte, konstante und kontinuierliche Brennstoffzufuhr	Kontrollierte Brennstoffzugabe z. B. durch: <ul style="list-style-type: none"> — gewichtsgesteuerte Beschicker und Präzisions-Zellenradschleusen für die Zuführung von Petrolkoks und/oder — Durchflussmesser und Präzisionsventile zur Regulierung der Zufuhr von Schweröl oder Gas zum Ofenbrenner

Anwendbarkeit

Die Maßnahmen/Techniken zur Minderung der CO-Emissionen sind in der Magnesiumoxidindustrie allgemein anwendbar. Inwieweit Rohmaterialien mit geringem Gehalt an organischen Stoffen ausgewählt werden können, hängt von ihrer Verfügbarkeit ab.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Der mit BVT verbundene Emissionswert für CO im Abgas der Ofenfeuerung beträgt $< 50-1\ 000\ \text{mg}/\text{Nm}^3$, angegeben als Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde).

1.4.4.3.2 Minderung von CO-Trips

64. Bei Verwendung von Elektrofiltern ist BVT zur Minimierung der Häufigkeit von CO-Trips die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Vermeidung von CO-Trips, um die Stillstandszeiten des Elektrofilters zu reduzieren
b	Kontinuierliche automatische CO-Messungen mithilfe eines Überwachungssystems mit kurzer Ansprechzeit nahe an der CO-Quelle

Beschreibung

Da Explosionsgefahr besteht, müssen Elektrofilter bei erhöhten CO-Werten im Abgas aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden. Durch folgende Maßnahmen/Techniken werden CO-Trips vermieden und so die Ausfallzeiten des Elektrofilters reduziert:

- Kontrolle des Verbrennungsprozesses,
- Kontrolle des Gehalts an organischen Stoffen im Rohmaterial,
- Kontrolle der Qualität der Brennstoffe und des Brennstoffzufuhrsystems.

Störungen treten vor allem während der Inbetriebnahmephase auf. Für einen sicheren Betrieb muss der Gasanalysator zum Schutz des Elektrofilters in allen Betriebsphasen eingeschaltet sein. Filterausfälle lassen sich durch ein betriebsbereites Reserveüberwachungssystem reduzieren.

Die Reaktionszeit des Systems zur kontinuierlichen CO-Überwachung muss optimiert werden. Das System sollte sich nahe der CO-Quelle, beispielsweise am Gasaustritt des Vorwärmerturms und bei Nassöfen am Ofeneinlauf befinden.

Anwendbarkeit

Bei Öfen mit Elektrofiltern allgemein anwendbar.

1.4.4.4 SO_x-Emissionen

65. BVT zur Minderung der SO_x-Emissionen im Abgas der Ofenfeuerung ist die Anwendung einer Kombination der folgenden primären und sekundären Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik	Anwendbarkeit
a	Prozessoptimierung	Allgemein anwendbar
b	Auswahl von Brennstoffen mit geringem Schwefelgehalt	Allgemein anwendbar je nach Verfügbarkeit von Brennstoffen mit geringem Schwefelgehalt, die von der Energiepolitik des jeweiligen Mitgliedstaates beeinflusst sein kann. Die Brennstoffauswahl hängt auch von der angestrebten Qualität des Endprodukts, den technischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Erwägungen ab.
c	Absorptionstechnik (Zugabe von Absorbentien in den Abgasstrom, z. B. reaktive MgO-Sorten, gelöschter Kalk, Aktivkohle) in Kombination mit einem Filter ⁽¹⁾	Allgemein anwendbar
d	Nassabscheider ⁽¹⁾	In trockenen Gegenden können der Anwendbarkeit durch den hohen Wasserbedarf und die notwendige Abwasseraufbereitung sowie die damit verbundenen medienübergreifenden Effekte Grenzen gesetzt sein.

⁽¹⁾ Die Maßnahmen/Techniken werden in Abschnitt 1.7.2 erläutert.

Mit BVT verbundene Emissionswerte

Siehe Tabelle 15.

Tabelle 15

Mit BVT verbundene Emissionswerte für SO_x im Abgas der Ofenfeuerung in der Magnesiumoxidindustrie

Parameter	Einheit	Mit BVT verbundener Emissionswert ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Stichprobenzeitraum (Einzelmessungen über mindestens eine halbe Stunde))
SO _x , angegeben als SO ₂	mg/Nm ³	< 50 – 400 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Die Werte hängen vom Schwefelgehalt der Rohmaterialien und Brennstoffe ab. Die unteren Werte sind verbunden mit der Verwendung von Rohmaterialien mit geringem Schwefelgehalt und Erdgas, die oberen Werte sind verbunden mit Rohmaterialien mit einem höheren Schwefelgehalt und schwefelhaltigen Brennstoffen.

⁽²⁾ Bei der Ermittlung der besten Kombination von BVT zur Minderung der SO_x-Emissionen sind die medienübergreifenden Wirkungen zu beachten.

⁽³⁾ Wenn kein Nassabscheider eingesetzt werden kann, hängen die mit BVT verbundenen Emissionswerte vom Schwefelgehalt der Rohmaterialien und Brennstoffe ab. In dem Fall beträgt der mit BVT verbundene Emissionswert < 1 500 mg/Nm³ während die SO_x-Emissionen um mindestens 60 % gesenkt werden.

1.4.5 Prozessrückstände/Abfälle

66. BVT zur Minderung/Minimierung von Prozessrückständen/Abfällen ist die Wiederverwendung von verschiedenen Arten erfasster Magnesiumkarbonatstäube im Prozess.

Anwendbarkeit

In Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Stäube allgemein anwendbar.

67. BVT zur Minderung/Minimierung von Prozessrückständen/Abfällen ist die Verwendung von verschiedenen Arten erfasster Magnesiumkarbonatstäube zur Herstellung anderer Handelsprodukte, soweit sie nicht wiederverwendet werden können.

Anwendbarkeit

Auf die Entscheidung, ob Magnesiumkarbonatstaub zur Herstellung anderer Handelsprodukte verwendet werden soll, hat der Betreiber möglicherweise keinen Einfluss.

68. BVT zur Minderung/Minimierung von Prozessrückständen/Abfällen ist die Wiederverwendung von Schlammern aus der nassen Abgasentschwefelung im Prozess oder in anderen Sektoren.

Anwendbarkeit

Auf die Entscheidung, inwieweit Schlämme aus der nassen Abgasentschwefelung in anderen Sektoren verwendet werden sollen, hat der Betreiber möglicherweise keinen Einfluss.

1.4.6 Verwendung von Abfällen als Brennstoff und/oder Rohmaterial

69. BVT zur Gewährleistung der Eigenschaften von Abfällen, die als Roh- und/oder Brennstoff in Magnesiumoxidöfen eingesetzt werden sollen, ist die Anwendung folgender Maßnahmen/Techniken:

	Maßnahme/Technik
a	Auswahl von für den Prozess und den Brenner geeigneten Abfällen
b	Anwendung von Qualitätssicherungssystemen, um die Eigenschaften der Abfälle zu gewährleisten und zu kontrollieren und alle als Brennstoff vorgesehenen Abfälle auf folgende Kriterien hin zu prüfen: <ul style="list-style-type: none"> I. Verfügbarkeit; II. konstante Qualität; III. physikalische Eigenschaften wie Emissionsverhalten, Korngröße, Reaktivität, Brennbarkeit und Heizwert; IV. chemische Eigenschaften wie Chlor-, Schwefel-, Alkali- und Phosphatgehalt sowie Gehalt an relevanten Metallen (z. B. Gesamtgehalt an Chrom, Blei, Cadmium, Quecksilber, Thallium).
c	Kontrolle der Höhe relevanter Parameter für alle als Brennstoff vorgesehenen Abfälle, z. B. des Gehalts an Halogenen (gesamt), Metallen (z. B. Gesamtgehalt an Chrom, Blei, Cadmium, Quecksilber, Thallium) und Schwefel

Anwendbarkeit

Abfälle können in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit, dem Ofentyp, den gewünschten Produkteigenschaften und den technischen Möglichkeiten für die Brennstoffzufuhr in den Ofen als Brennstoffe und/oder Rohmaterialien in der Magnesiumoxidindustrie verwendet werden (obwohl dies im Jahr 2007 noch nicht der Fall war).

BESCHREIBUNG DER MASSNAHMEN/TECHNIKEN

1.5 Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Zementindustrie

1.5.1 Staubemissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Elektrofilter	<p>Elektrofilter erzeugen ein elektrisches Feld über den Pfad der Staubpartikel im Luftstrom. Die Partikel werden negativ geladen und bewegen sich zu den positiv geladenen Niederschlagselektroden. Die Niederschlagselektroden werden periodisch abgeklopft oder vibrieren, um das abgeschiedene Material zu lösen, so dass es in die darunter befindlichen Sammeltrichter fällt. Um ein erneutes Mitreißen von bereits abgeschiedenem Staub und damit das Risiko der Bildung einer sichtbaren Abgasfahne so gering wie möglich zu halten, ist es wichtig, die Klopffzyklen des Elektrofilters zu optimieren.</p> <p>Elektrofilter zeichnen sich durch ihre Fähigkeit aus, bei hohen Temperaturen (bis etwa 400 °C) und hoher Feuchtigkeit zu arbeiten. Der wesentliche Nachteil dieser Technik/Maßnahme ist die abnehmende Wirksamkeit bei Ausbildung einer isolierenden Schicht durch Ansammlung von Stoffen, die bei hohen Chlor- und Schwefel einträgen gebildet werden. Für eine insgesamt hohe Wirksamkeit eines Elektrofilters ist es erforderlich, CO-bedingte Abschaltungen (CO-Trips) zu vermeiden.</p> <p>Für Elektrofilter gibt es keine Anwendungsbeschränkungen hinsichtlich der in der Zementindustrie eingesetzten Prozessvarianten. Dennoch werden Elektrofilter wegen der Investitionskosten und ihrer beschränkten Wirksamkeit bei An- und Abfahrvorgängen (relativ hohe Emissionen) nicht sehr häufig für die Entstaubung von Zementmühlen eingesetzt.</p>
b	Gewebefilter	Gewebefilter sind wirksame Staubabscheider. Das Grundprinzip der Filtration mit einem Gewebefilter ist die Verwendung einer Gewebemembran, die gasdurchlässig ist, aber Staubpartikel zurückhält. Grundsätzlich wird das Filtermedium immer geometrisch angeordnet. Anfangs scheidet sich der Staub sowohl auf der Oberfläche als auch in der Tiefe des Gewebes ab, aber sobald sich auf der Oberfläche eine Schicht gebildet hat, werden die Staubpartikel selbst zum dominierenden Filtermedium. Das Abgas kann von der Innenseite der Filterschläuche nach außen oder umgekehrt strömen. Da sich der Filterkuchen verdickt, nimmt der Strömungswiderstand für

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
		<p>den Gasstrom zu. Daher ist eine periodische Abreinigung des Filtermediums erforderlich, um den Druckverlust über den Filter zu begrenzen. Der Gewebefilter sollte mehrere Kammern haben, die im Falle eines Filterdurchbruchs voneinander getrennt werden können. Es sollten genügend Kammern vorhanden sein, um eine ausreichende Reinigungsleistung aufrecht erhalten zu können, falls eine Kammer außer Betrieb genommen wird. Jede Kammer sollte mit Detektoren für Filterdurchbrüche ausgestattet sein, die gegebenenfalls den Wartungsbedarf anzeigen. Filterschläuche sind als gewebte und nicht gewebte Gewebe erhältlich. Moderne synthetische Gewebe können bei hohen Temperaturen bis 280 °C arbeiten.</p> <p>Das Leistungsvermögen von Gewebefiltern wird durch verschiedene Parameter beeinflusst, z. B. die Verträglichkeit des Filtermediums mit den Eigenschaften des Abgases und des Staubes, seinen Eigenschaften hinsichtlich thermischer, physikalischer und chemischer Beständigkeit, z. B. gegenüber Hydrolyse, Säuren, Alkalien, Oxidation und der Prozesstemperatur. Feuchtegehalt und Temperatur der Abgase sind bei der Auswahl der Maßnahme/Technik zu berücksichtigen.</p>
c	Hybridfilter	Hybridfilter sind eine Kombination von Elektrofilter und Gewebefilter in demselben Gehäuse. Sie resultieren üblicherweise aus dem Umbau vorhandener Elektrofilter. So ermöglichen sie die partielle Wiederverwendung der alten Anlage.

1.5.2 NO_x-Emissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Primärmaßnahmen/-techniken	
	I. Flammenkühlung	Die Zugabe von Wasser zum Brennstoff oder direkt in die Flamme durch Einsatz verschiedener Eindüsungsverfahren, z. B. die Eindüsung eines Fluids (Flüssigkeit) oder zweier Fluide (Flüssigkeit und Druckluft oder Feststoffe) oder die Verwendung von flüssigen/festen Abfällen mit einem hohen Wassergehalt, reduziert die Temperatur und steigert die Konzentration von Hydroxylradikalen. Dies kann einen positiven Effekt auf die NO _x -Minderung in der Brennzone haben.
	II. NO _x -arme Brenner	<p>Die Bauformen von NO_x-armen Brennern (indirekte Feuerung) variieren im Detail, wesentlich ist aber, dass Brennstoff und Luft über konzentrische Rohre in den Ofen eingeblasen werden. Der Primärluftanteil wird auf etwa 6-10 % dessen reduziert, was für die stöchiometrische Verbrennung erforderlich ist (bei konventionellen Brennern sind 10-15 % üblich). Die Axialluft wird mit hohem Moment durch den äußeren Kanal eingeblasen. Die Kohle kann durch das Zentralrohr oder den mittleren Kanal verblasen werden. Ein dritter Kanal wird für Verwirbelungsluft verwendet, wobei die Verwirbelung durch Schaufeln an oder hinter der Auslassöffnung des Brennrohrs erzeugt wird. Der wesentliche Effekt dieser Brennerart ist die sehr frühe Zündung vor allem der flüchtigen Verbindungen im Brennstoff in einer sauerstoffarmen Atmosphäre, was tendenziell die Bildung von NO_x vermindert.</p> <p>Allerdings führt der Einsatz von NO_x-armen Brennern nicht immer zu einer Minderung der NO_x-Emissionen. Die Konfiguration des Brenners muss optimiert werden.</p>
	III. Feuerung in der Ofenmitte (engl. <i>Mid-kiln firing</i>)	<p>In langen Nass- und langen Trockenöfen kann die Erzeugung einer reduzierenden Zone durch Zuführung von stückigen Brennstoffen die NO_x-Emissionen herabsetzen. Da ein Temperaturbereich von etwa 900-1 000 °C bei langen Öfen üblicherweise nicht zugänglich ist, wurden bei einigen Anlagen Systeme zur Feuerung in der Ofenmitte installiert, die die Verwendung von Sekundärbrennstoffen ermöglichen, die nicht den Hauptbrenner passieren können (z. B. Reifen).</p> <p>Die Feuerungsrate der Brennstoffe kann von entscheidender Bedeutung sein. Wenn sie zu niedrig ist, können reduzierende Bedingungen in der Brennzone entstehen, was die Produktqualität ernsthaft beeinträchtigen kann. Wenn sie zu hoch ist, kann der Ofenabschnitt mit den Ketten überhitzt werden, was dazu führt, dass die Ketten durchbrennen. Der Temperaturbereich unterhalb von 1 100 °C schließt den Einsatz von gefährlichem Absatz mit einem Chorgehalt von mehr als 1 % aus.</p>
	IV. Zugabe von Mineralisatoren für bessere Brennbarkeit des Rohmehls (mineralisierter Klinker)	Die Zugabe von Mineralisatoren, z. B. Fluor, zum Rohmaterial ist ein Verfahren, um die Klinkerqualität einzustellen, und erlaubt die Herabsetzung der Temperatur in der Sinterzone. Durch das Absenken der Brenntemperatur wird auch die NO _x -Bildung vermindert.

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
	V. Prozessoptimierung	Zur Minderung der NO _x -Emissionen kann die Prozessführung optimiert werden, z. B. durch Vergleichmäßigung und Optimierung der Ofenführung und der Brennbedingungen, durch Optimierung der Ofensteuerung und/oder Vergleichmäßigung der Brennstoffzuführung. Übliche primäre Optimierungsmaßnahmen /-techniken sind Maßnahmen/Techniken zur Prozesssteuerung, eine verbesserte Technik zur indirekten Feuerung, eine Optimierung der Kühleranbindung, der Brennstoffauswahl und der Sauerstoffgehalte.
b	Gestufte Verbrennung (mit konventionellen oder Sekundärbrennstoffen), auch in Kombination mit Vorkalzinator und optimiertem Brennstoffmix	Die gestufte Verbrennung wird in Zementöfen mit einem besonders konstruierten Vorkalzinator eingesetzt. Die erste Verbrennungsstufe läuft im Drehrohrföfen unter optimalen Bedingungen für den Klinkerbrennprozess ab. Die zweite Verbrennungsstufe besteht aus einem Brenner am Ofeneinlauf, der eine reduzierende Atmosphäre erzeugt, die einen Teil der Stickstoffoxide, die in der Sinterzone gebildet wurden, zerlegt. Die hohe Temperatur in dieser Zone ist besonders günstig für die Reaktion der Rückverwandlung des NO _x in elementaren Stickstoff. In der dritten Verbrennungsstufe wird der kalzinierende Brennstoff mit einem Teil der Tertiärluft in den Kalzinator eingeleitet, so dass auch dort eine reduzierende Atmosphäre erzeugt wird. Dieses Verfahren reduziert die Bildung von NO _x aus dem Brennstoff und senkt auch das NO _x , das aus dem Ofen austritt. In der vierten und letzten Verbrennungsstufe wird die restliche Tertiärluft als „Oberluft“ für die Vervollständigung des Ausbrandes in das System eingeleitet.
c	Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)	Bei der selektiven nichtkatalytischen Reduktion (SNCR) werden Ammoniakwasser (NH ₃ -Gehalt bis zu 25 %), Ammoniakvorläuferverbindungen oder Harnstofflösung in das Verbrennungsgas eingedüst, um NO zu N ₂ zu reduzieren. Die Ausbeute der Reaktion ist optimal in einem Temperaturfenster von etwa 830 bis 1 050 °C. Dabei muss dem eingedüsten Stoff eine ausreichend lange Verweilzeit zur Verfügung stehen, um mit dem NO reagieren zu können.
d	Selektive katalytische Reduktion (SCR)	Bei der SCR werden NO und NO ₂ mit Hilfe von NH ₃ und einem Katalysator in einem Temperaturbereich von etwa 300-400 °C zu N ₂ reduziert. Diese Technik zur NO _x -Minderung ist in anderen Industrien (kohlegefeuerte Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen) weit verbreitet. Für die Zementindustrie kommen grundsätzlich zwei Verfahrensvarianten in Betracht: die <i>Low-Dust</i> -Konfiguration zwischen Entstaubungseinrichtung und Kamin oder die <i>High-Dust</i> -Konfiguration zwischen dem Vorwärmer und der Entstaubungseinrichtung. Bei <i>Low-Dust</i> -Anlagen ist ein Wiederaufheizen des Abgases nach der Entstaubung erforderlich, was zusätzliche Energiekosten und Druckverluste verursachen kann. Aus technischen und ökonomischen Gründen werden <i>High-Dust</i> -Anlagen als vorteilhaft angesehen. Bei diesen Anlagen ist kein Aufheizen erforderlich, weil die Abgastemperatur am Austritt des Vorwärmersystems normalerweise im richtigen Temperaturbereich für den SCR-Betrieb liegt.

1.5.3 SO_x-Emissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Zugabe von Absorptionsmitteln	<p>Absorptionsmittel werden entweder zum Rohmaterial zugegeben (z. B. Löschkalk) oder in den Gasstrom eingedüst (z. B. Hydrat- oder Löschkalk (Ca(OH)₂), Branntkalk (CaO), aktivierte Flugasche mit einem hohen CaO-Gehalt oder Natriumbicarbonat (NaHCO₃)).</p> <p>Kalkhydrat kann zusammen mit den Rohmaterialkomponenten in die Rohmühle dosiert oder direkt am Ofeneinlauf zugegeben werden. Die Kalkhydratzugabe bietet den Vorteil, dass das kalziumhaltige Additiv Reaktionsprodukte bildet, die direkt im Klinkerbrennprozess eingebunden werden können.</p> <p>Die Absorptionsmitteleindüsung in den Gasstrom kann in trockener oder nasser Form (Semi-Nasswäsche) angewandt werden. Das Absorptionsmittel wird bei Temperaturen nahe am Taupunkt des Wassers in den Abgaspfad eingeblasen, was zu günstigeren Bedingungen für die SO₂-Zurückhaltung führt. In Zementofensystemen liegt dieser Temperaturbereich im Bereich zwischen der Rohmühle und dem Staubabscheider vor.</p>

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
b	Nasswäscher	<p>Der Nasswäscher ist die am häufigsten eingesetzte Technik für die Rauchgasentschwefelung in kohlebefeuerten Kraftwerken. Auch für die Zementherstellung ist das Nassverfahren zur Minderung der SO₂-Emissionen eine bewährte Technik. Die Nasswäsche beruht auf der folgenden chemischen Reaktion:</p> $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ <p>Das SO_x wird durch eine Flüssigkeit/Suspension, die in einem Sprühturm versprüht wird, absorbiert. Als Absorptionsmittel dient Calciumcarbonat. Nassverfahren bieten von allen Rauchgasentschwefelungsverfahren (REA) die höchsten Abscheideleistungen für lösliche saure Gase bei vergleichsweise minimaler stöchiometrischer Dosierung und dem geringsten Abfallaufkommen. Es wird aber ziemlich viel Wasser benötigt, das anschließend wiederaufbereitet werden muss.</p>

1.6 Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Kalkindustrie

1.6.1 Staubemissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Elektrofilter	<p>Zur allgemeinen Beschreibung von Elektrofiltern siehe Abschnitt 1.5.1. Elektrofilter sind für den Einsatz bei Temperaturen oberhalb des Taupunkts und bis zu 400 °C geeignet. Es ist sogar möglich, Elektrofilter nahe bei oder unterhalb des Taupunkts einzusetzen. Wegen der hohen Volumenströme und relativ hohen Staubbelastungen werden hauptsächlich Drehrohröfen ohne Vorwärmer, aber auch Drehrohröfen mit Vorwärmer mit Elektrofiltern ausgestattet. Bei Kombination mit einer Quenche kann eine hervorragende Minderungsleistung erreicht werden.</p>
b	Gewebefilter	<p>Zur allgemeinen Beschreibung von Gewebefiltern siehe Abschnitt 1.5.1. Gewebefilter sind für Öfen, Mahl- und Zerkleinerungsanlagen für Branntkalk und Kalkstein, für Hydratationsanlagen, Materialtransport sowie Lagerungs- und Verladeeinrichtungen gut geeignet. Oft ist eine Kombination mit Zyklonvorabscheidern sinnvoll. Die Verwendung von Gewebefiltern wird durch Abgasbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit, Staubfracht und chemische Zusammensetzung eingeschränkt. Es sind vielfältige Gewebematerialien verfügbar, die dem mechanischen, thermischen und chemischen Verschleiß widerstehen, um diesen Bedingungen gerecht zu werden.</p>
c	Nassabscheider	<p>Bei Nassabscheidern wird der Staub dadurch aus dem Abgasstrom entfernt, dass der Gasstrom in engen Kontakt mit einer Waschflüssigkeit (üblicherweise Wasser) gebracht wird, so dass die Staubpartikel in der Flüssigkeit zurückgehalten und weggespült werden können. Es gibt zahlreiche verschiedene Arten von Nassabscheidern, die zur Entstaubung nutzbar sind. Die wichtigsten Typen, die bei Kalköfen eingesetzt wurden, sind mehrstufige / Mehrfachkaskadenwäscher, dynamische Wäscher und Venturiwäscher. Die Mehrzahl der bei Kalköfen eingesetzten Nasswäscher sind mehrstufige / Mehrfachkaskadenwäscher.</p> <p>Nasswäscher werden gewählt, wenn die Abgastemperatur nahe dem Taupunkt oder darunter liegt. Sie stehen auch zur Wahl, wenn der verfügbare Platz begrenzt ist. Nasswäscher werden gelegentlich bei Gasen mit höherer Temperatur betrieben; in dem Fall kühlt das Wasser die Gase ab und vermindert so deren Volumen.</p>
d	Zentrifugal-/Zyklonabscheider	<p>Bei einem Zentrifugal-/Zyklonabscheider werden die aus dem Abgasstrom abzuschneidenden Staubpartikel durch einen Zentrifugalgang zur Außenwand des Abscheiders befördert und dann durch eine Öffnung am Boden abgeführt. Die Zentrifugalkräfte können durch die Ausrichtung des Gasstroms als eine Spiralbewegung zum Boden des zylindrischen Behältnis (Zyklonabscheider) oder durch einen in die Einheit eingebauten Propeller (mechanischer Zentrifugalabscheider) erzeugt werden. Allerdings sind diese Abscheider wegen der begrenzten Entstaubungsleistung nur als Vorabscheider geeignet. Sie entlasten Elektrofilter und Gewebefilter von hohen Staubfrachten und vermindern so deren Verschleiß.</p>

1.6.2 NO_x-Emissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Brennergestaltung (Low-NO _x -Brenner)	Diese Brenner dienen dazu, die Flammentemperatur herabzusetzen und so thermisches und (in beschränktem Maße) brennstoffbedingtes NO _x zu mindern. Die NO _x -Minderung wird durch die Zuführung von Spülluft zur Herabsetzung der Flammentemperatur oder einen gepulsten Betrieb des Brenners erreicht. Low-NO _x -Brenner dienen dazu, den Primärluftanteil zu mindern, was zu einer Minderung der NO _x -Bildung führt, wobei übliche Mehrkanalbrenner mit einem Primärluftanteil von 10 bis 18 % der gesamten Verbrennungsluft betrieben werden. Ein höherer Anteil der Primärluft führt durch die frühe Vermischung von heißer Sekundärluft mit dem Brennstoff zu einer kurzen und intensiven Flamme. Dies führt zu hohen Flammentemperaturen und zu einer starken NO _x -Bildung, die durch Low-NO _x -Brenner vermieden werden kann.
b	Gestufte Verbrennung	Es wird eine reduzierende Zone erzeugt, indem die Sauerstoffzufuhr in der primären Reaktionszone vermindert wird. Für die Reaktion der Rückverwandlung von NO _x in elementaren Stickstoff sind insbesondere hohe Temperaturen in dieser Zone vorteilhaft. In späteren Verbrennungszonen wird die Luft- und Sauerstoffzufuhr wieder erhöht, um die gebildeten Gase zu oxidieren. Luft und Gas müssen in der Verbrennungszone effektiv vermischt werden, um die CO- und die NO _x -Konzentration auf niedrigem Niveau zu halten. Bis 2007 wurde die gestufte Verbrennung in der Kalkindustrie noch nicht angewendet.
c	Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)	Beim Verfahren der selektiven nichtkatalytischen Reduktion werden die Stickstoffoxide (NO und NO ₂) durch eine selektive nichtkatalytische Reduktion aus dem Abgas entfernt. Es wird ein Reduktionsmittel zugegeben, welches mit den Stickstoffoxiden reagiert und diese in Stickstoff und Wasser überführt. Üblicherweise werden Ammoniak oder Harnstoff als Reduktionsmittel genutzt. Die Reaktion erfolgt bei Temperaturen zwischen 850 und 1 020 °C, der optimale Bereich liegt üblicherweise zwischen 900 und 920 °C.

1.6.3 SO_x-Emissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Zugabe von Absorptionsmitteln	Hierbei wird ein Absorptionsmittel trocken direkt in den Ofen (Zuführung oder Eindüsung) oder trocken oder nass (z. B. Hydratkalk oder Natriumbicarbonat) in den Abgasstrom des Ofens gegeben, um die SO _x -Emissionen zu entfernen. Bei Eindüsung in den Abgasstrom muss eine ausreichende Verweilzeit zwischen der Eindüsstelle und der Entstaubungseinrichtung (Gewebe- oder Elektrofilter) gegeben sein, um eine effiziente Absorption zu erreichen. In Drehrohröfen kann die Maßnahme/Technik umfassen: — Verwendung von Kalkstein: Bei einem gewöhnlichen, mit Dolomit betriebenen Drehrohröfen kann eine erhebliche Minderung der SO ₂ -Emissionen bei der Beschickung mit solchem Kalkstein auftreten, der einen hohen Feinkornanteil enthält oder bei der Aufheizung leicht zerfällt. Der feinkörnige Kalkstein kalziniert, wird vom Ofenabgas mitgenommen und entfernt auf dem Weg zum oder im Staubfilter das SO ₂ . — Kalkeindüsung in die Verbrennungsluft: Eine patentierte Technik (EP 0 734 755 A1) beschreibt die Minderung der SO ₂ -Emissionen von Drehrohröfen durch Eindüsung von feingemahlenem Branntkalk oder Kalkhydrat in die in den Feuerungsraum des Ofens zugeführte Luft.

1.7 Beschreibung der Maßnahmen/Techniken für die Magnesiumoxidindustrie

1.7.1 Staubemissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Elektrofilter	Zur allgemeinen Beschreibung von Elektrofiltern siehe Abschnitt 1.5.1.

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
b	Gewebefilter	Zur allgemeinen Beschreibung von Gewebefiltern siehe Abschnitt 1.5.1. Gewebefilter erreichen eine Partikelabscheidung, üblicherweise über 98 % und bis zu 99 % je nach Partikelgröße. Diese Maßnahme/Technik bietet im Vergleich zu den anderen in der Magnesiumoxidindustrie angewendeten Staubminderungstechniken den höchsten Wirkungsgrad bei der Partikelabscheidung. Allerdings müssen wegen der hohen Temperaturen der Ofenabgase spezielle Filtermaterialien eingesetzt werden, die hohe Temperaturen vertragen. Bei der Herstellung von totgebrannter Magnesia werden Filtermaterialien eingesetzt, die bei Temperaturen bis zu 250 °C betrieben werden können, wie PTFE-(Teflon)Filtermaterial. Dieses Filtermaterial hat eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren oder Alkalien; eine Reihe von Korrosionsproblemen konnte somit gelöst werden.
c	Zyklon-/Zentrifugalabscheider	Zur allgemeinen Beschreibung von Zyklonabscheidern siehe Abschnitt 1.6.1. Zyklonabscheider sind robust, für eine weite Spanne von Betriebstemperaturen geeignet und haben einen geringen Energiebedarf. Wegen ihrer naturgemäß beschränkten Wirksamkeit bei der Partikelabscheidung werden Zyklonabscheider hauptsächlich als Vorabscheider für Grobstaub und Rauchgase verwendet.
d	Nassabscheider	Zur allgemeinen Beschreibung von Nassabscheidern (Nasswäschern) siehe Abschnitt 1.6.1. Nassabscheider können je nach Design und Funktionsprinzip in vielfältige Typen unterschieden werden, z. B. die Venturi-Wäscher. Bei dieser häufig in der Magnesiumoxidindustrie angewandten Art eines Nassabscheiders wird das Gas durch den engen Querschnitt des Venturi-Rohrs, den sogenannten Venturi-Hals, geleitet und kann dort Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 60 und 120 m/s erreichen. Die Waschflüssigkeit, die am Venturi-Hals zugeführt wird, wird zu einem Nebel aus sehr feinen Tröpfchen zerstäubt und intensiv mit dem Gas vermischt. Die an die Wassertropfen angelagerten Partikel werden schwerer und können in einem an den Venturi-Wäscher angeschlossenen Tropfenabscheider leicht abgefangen werden.

1.7.2 SO_x-Emissionen

	Maßnahme/Technik	Beschreibung
a	Zugabe von Absorptionsmitteln	Hierbei wird den Abgasen ein Absorptionsmittel in trockener oder nasser Form (halbnasse Abscheidung) zugegeben, um die SO _x -Emissionen zu entfernen. Wichtig ist eine ausreichende Verweilzeit des Abgases zwischen Zugabestelle und Entstaubungsaggregat, um eine hoch wirksame Absorption zu erreichen. Reaktive MgO-Sorten werden in der Magnesiumoxidindustrie als effizientes Absorptionsmittel für SO ₂ eingesetzt. Trotz ihrer geringeren Wirksamkeit im Vergleich zu anderen Absorptionsmitteln hat die Anwendung von MgO-Sorten zwei Vorteile: zum einen geringere Investitionskosten, zum anderen wird der Filterstaub nicht mit anderen Substanzen verunreinigt. Das MgO kann wiederverwendet und als Rohmaterial für die Herstellung von Magnesia oder als Düngemittel (Magnesiumsulfat) eingesetzt werden, so dass sich das Abfallaufkommen verringert.
b	Nassabscheider	Bei der Nassabscheidung wird SO _x durch eine Flüssigkeit/Suspension aufgenommen, die in einem Sprühturm im Gegenstrom zum Abgas versprüht wird. Hierfür werden 5 bis 12 m ³ Wasser je Produkt-Tonne benötigt, das anschließend einer Abwasserbereitung unterzogen werden muss.