



umweltbundesamt^U

MINDERUNGSPOTENTIALE DER NEC-GASE UND STAUB BIS 2010 DER ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTINDUSTRIE

Szednyj
Schindler



BERICHTE
BE-261

Wien, 2005



Projektleitung

Ilona Szednyj

Autoren

Ilona Szednyj

Ilse Schindler

Photos

Die in der Studie enthalten Photos wurden von den Werken der österreichischen Zementindustrie zur Verfügung gestellt.

Das Umweltbundesamt bedankt sich bei allen österreichischen Zementwerken und dem VÖZ für die Finanzierung dieser Arbeit und die kooperative und gute fachliche Zusammenarbeit bei der Erstellung dieses Berichts.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes finden Sie unter: www.umweltbundesamt.at

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf Recyclingpapier/*Printed on recycling paper*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2005
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-761-3



Sehr geehrter Damen und Herren,

der vorliegende Bericht ist in zweifacher Hinsicht eine Besonderheit. Erstens befasst er sich mit Prognosen – voraussichtlichen Emissionen und Minderungstechnologien bis 2010. Zweitens wurde er vom Umweltbundesamt im Auftrag der österreichischen Zementindustrie erstellt, was eine Novität darstellt. Auf beide Besonderheiten wollen wir in unserem Vorwort eingehen.

„Prognosen sind immer schwierig, besonders dann, wenn sie die Zukunft betreffen“, mit diesem Zitat wurden die Technikerinnen des Umweltbundesamtes in einem der neun Zementwerke begrüßt. Die Europäische Union setzt jedoch bei der Entwicklung und Gestaltung des Umweltrechtes in allen Materien zunehmend auf das Instrument der Prognose: eine Entwicklung wird unter Einbeziehen bestehender und neuer Maßnahmen dargestellt. Während sich die Umweltpolitik um Prognosen bis 2030 bemüht wurde im Rahmen des Projektes sehr deutlich, wie wenig verlässlich eine Vorausschau, selbst bis 2010, sein kann.

Im Rahmen dieses Projektes wurde bewusst versucht, mit möglichst wenig Einflussgrößen zu arbeiten. Dennoch zeigte sich, dass eine betriebliche Vorausschau bei Produktion und Beschaffung fünf Jahre nicht übersteigt, einigermaßen konkrete Investitionspläne bewegen sich in einem ähnlichen Rahmen. Selbst gesetzliche Regelungen und absehbare Initiativen übersteigen einen Zeithorizont von 5 bis 10 Jahren nicht. Der vorliegende Bericht ist eine Prognose der Produktion, des Energieverbrauches und der Luftemissionen NO_x und Staub auf Basis einer Zeitreihe und der Ab- und Einschätzung der einzelnen Werke der österreichischen Zementindustrie bis 2010 – auf Basis der Wissenslage im Sommer 2004.

Entstanden ist die Idee zu diesem Bericht in einer NEC-Anlagen-Arbeitsgruppe des BMLFUW. Der EU-Kommission ist in Form eines Maßnahmenplans zu berichten, mit welchen Maßnahmen jedes Mitgliedsland die für 2010 festgelegten „National Emission Ceilings“ (NEC – Ziele) erreichen wird. Der Druck, die Emissionen zu mindern ist für Österreich bei NO_x sehr hoch.

Die österreichische Zementindustrie wollte auf Basis einer aggregierten Zukunftsabschätzung ihrer einzelnen Werke ihren Beitrag zur Erreichung des NEC Zieles in die Diskussion einbringen und hat das Umweltbundesamt mit der nun vorliegenden Studie beauftragt. Diese Beauftragung war eine Novität und zudem eine Überraschung, da die unterschiedlichen Standpunkte zum Einsatz der Katalysortechnik beiden Projektpartnern wechselseitig gut bekannt waren. „Dialog einmal anders – auf Basis einer gemeinsamen Arbeit“. Die Gespräche bei den Werksbesuchen hatten Technologien, Erfahrungen über Planungszeiträume und Planungsunsicherheiten technischer und wirtschaftlicher Natur sowie insbesondere die SNCR und die SCR Technologie zum Gegenstand.

Eine aktuelle Prognose und Minderungsszenarien für 2010 liegen mit diesem Bericht vor. Die Mitarbeit an der Erstellung des österreichischen Maßnahmenplan gemäß NEC-Richtlinie liegt jedoch noch vor uns.

Mag. Georg Rebernik
Geschäftsführer Umweltbundesamt

Gen. Dir. Mag. Peter Orisich
Vorstandsvorsitzender VÖZ

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	7
1.1	Hintergrund.....	7
1.2	Ziel.....	7
1.3	Durchführung.....	7
2	DIE ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTWERKE	8
2.1	Gmundner Zement Produktions- und Handels GmbH - Gmunden.....	8
2.2	Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H. - Kirchdorf.....	10
2.3	Lafarge Perlmooser AG – Mannersdorf.....	11
2.4	Lafarge Perlmooser AG – Retznei.....	12
2.5	Zementwerk Leube GmbH - Gartenau.....	14
2.6	Schretter & Cie - Vils.....	16
2.7	Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH – Peggau.....	17
2.8	Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH – Wietersdorf.....	18
2.9	Wopfinger Baustoffindustrie GmbH - Waldegg.....	20
3	TREND 2000-2003 UND PROGNOSE 2007 UND 2010	22
3.1	Klinkerproduktion.....	22
3.2	Energieeinsatz und Brennstoffe.....	23
3.3	Rauchgasvolumenstrom.....	26
3.4	NO_x	29
3.4.1	Trend 2000-2003.....	29
3.4.2	Maßnahmen zur NO _x Reduktion bis 2003.....	30
3.4.3	SNCR als Maßnahme zur NO _x Reduktion.....	32
3.4.4	SCR als Maßnahme zur NO _x Reduktion.....	34
3.4.5	Szenario A: keine zusätzlichen Minderungsmaßnahmen.....	38
3.4.6	Szenario B: Grenzwert der Abfallverbrennungsverordnung.....	38
3.4.7	Szenario C/1: NO _x Fracht durch Optimierung der SNCR Anlage.....	40
3.4.8	Szenario C/2: Einhaltung von 300mg/Nm ³	41
3.4.9	Szenario C/3: Erreichung von 200mg/Nm ³	42
3.4.10	Szenario A bis C/3.....	43
3.5	NH₃ Emissionen	43
3.6	Staub	46
3.6.1	Staub aus gefassten Quellen.....	46
3.6.2	Staub aus diffusen Quellen.....	49
3.7	TOC	49

3.8	SO ₂	50
4	LITERATUR	51

ZUSAMMENFASSUNG

Parallel zum Göteborgprotokoll der UNECE wurde in der EU die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC Richtlinie) beschlossen. Sie enthält für jedes Land Emissionshöchstmengen für NH₃, NMVOC, NO_x und SO₂.

Im Jahr 2002 lagen, gemäß österreichischer Luftschadstoffinventur die gesamten NO_x Emissionen in Österreich deutlich über dem Ziel der NEC Richtlinie, weshalb vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft ein Maßnahmenplan erstellt werden muß. Zur Erarbeitung dieses Plans wurden verschiedene Arbeitsgruppen eingerichtet.

Im Zuge der Anlagengruppe „NEC Zement“ wurde das Umweltbundesamt von der österreichischen Zementindustrie mit der Erstellung der Studie „Minderungspotentiale der NEC Gase und Staub bis 2010 der österreichischen Zementindustrie“ beauftragt.

Ziele

Ziele dieser Studie sind, aufbauend auf den Werten der letzten vier Jahre, Prognosen für Emissionsfrachten von NO_x, NH₃, und Staubemissionen aus gefassten Quellen der österreichischen Zementindustrie bis 2010 zu erstellen. Minderungsmaßnahmen für NO_x, NH₃ und Staub, das erwartete Potential und der Durchdringungsgrad in der österreichischen Zementindustrie sollen beschrieben und diskutiert werden.

Vorgehensweise

Als Grundlage für diese Studie wurde in den österreichischen Zementwerken eine Datenerhebung in Form von Fragebögen sowie Fachgesprächen und Werksbesichtigungen durchgeführt. Bei den Gesprächen wurden Daten, erwartete Entwicklungen, bereits durchgeführte Versuche aber auch - zum Teil nicht vorhersehbaren - Einflussfaktoren auf die Erstellung von Prognosen, wie z.B.: zukünftiger Absatz, Brennstoffverfügbarkeit, Technologieentwicklungen etc. erhoben und diskutiert.

Klinkerproduktion

In der österreichischen Zementindustrie wurden im Jahr 2003 rd. 3,1 Mio t Klinker produziert. Bis zum Jahr 2010 wird mit einem Anstieg der Klinkerproduktion um etwa 150.000 t gerechnet. Dieser Anstieg liegt unterhalb der installierten Klinkerkapazität von rd. 4,2 Mio. t. Die Produktionssteigerung soll z.T. durch höhere Auslastung und z.T. durch anlagenspezifische Maßnahmen zur Produktionssteigerung und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz erreicht werden.

Energieeinsatz und Brennstoffe

Im Jahr 2003 wurden zur Herstellung von 1 t Klinker 3.536 MJ Energie eingesetzt. Als Energieträger werden konventionelle Brennstoffe und Ersatzbrennstoffe, deren Anteil 2003 bei rd. 48% lag eingesetzt. Bei den konventionellen Brennstoffen fand in den letzten Jahren eine deutliche Verlagerung von Steinkohle zu Braunkohle und Petrolkoks statt und der Einsatz von Heizöl Schwer und Erdgas ging deutlich zurück. Bei den Ersatzbrennstoffen nahm in den letzten Jahren v.a. die eingesetzte Menge an aufbereiteten heizwertreichen Fraktionen zu.

Bis ins Jahr 2010 rechnet die österreichische Zementindustrie mit einem leichten Rückgang dieses spezifischen Energiebedarfs. Weiters wird mit einem Anstieg der Ersatzbrennstoffe, allerdings mit einer Verschiebung im Spektrum gerechnet. Tierfett und Tiermehl werden kaum mehr verfügbar sein, wohingegen aufbereitete Substitutbrennstoffe, Kunststoffe, Holzstaub und Klärschlamm vermehrt eingesetzt werden sollen.

Rauchgasvolumenstrom

Der Rauchgasvolumenstrom stellt eine wesentliche Einflußgröße für die Emissionen und Emissionsprognosen dar. Er wird durch die Klinkerproduktion, den Heizwert des zukünftigen Brennstoffmixes und/oder Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz beeinflusst.

Die Ermittlung der jährlichen Rauchgasvolumenströme erfolgt aus den mittleren stündlichen Rauchgasvolumina und den Betriebstunden. Aus dem jährlichen Rauchgasvolumenstrom eines Werks wird mit der jährlichen gemessenen bzw. erwarteten Konzentration eine Schadstofffracht berechnet, die aggregiert über alle Werke in diesem Bericht dargestellt ist.

Für den Prognosezeitraum bis 2010 erwartet die Österreichische Zementindustrie, unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren und der erwarteten Klinkerproduktionssteigerung einen Anstieg des gesamten Rauchgasvolumenstroms. Es wird angenommen, daß der spezifische Rauchgasvolumenstrom, gemittelt über alle Werke, auf dem Niveau von 2003 annähernd konstant bleiben wird.

NOx Minderungsmaßnahmen

Im Jahr 2003 wurden in der österreichischen Zementindustrie 4.204 t NOx emittiert, wobei die Halbstundenmittelwerte i.d.R. zwischen 600 und 800 mg/Nm³ lagen. Zur Erreichung dieser Werte werden in den einzelnen Werken unterschiedliche Maßnahmen, bzw. Maßnahmenkombinationen eingesetzt. Dazu zählen, Flammenkühlung, gestufte Verbrennung, Low-NOx Brenner, System zur Flammenoptimierung, Vergleichmäßigung von Rohmehl und in einem Werk eine SNCR Anlage.

Um den Grenzwert der Abfallverbrennungsverordnung (500mg/Nm³ ab 31.10.2007) einhalten zu können, setzt die österreichische Zementindustrie auf das **SNCR Verfahren**. Derzeit befindet sich eine Anlage in Dauerbetrieb, in einigen Werken werden Vorversuche durchgeführt und weitere Anlagen sind geplant. Eine Absenkung der NOx Emissionen mit SNCR unter den Grenzwert der Abfallverbrennungsverordnung wird von der österreichischen Zementindustrie als möglich angesehen, wobei derzeit aber noch zu wenig über die erreichbare NOx Konzentration und die Höhe des NH₃ Schlupfes bekannt ist. NH₃ Emissionen bei der Zementherstellung stammen aus dem Rohmaterial und gegebenenfalls aus dem Schlupf des Reduktionsmittels.

Eine andere Maßnahme zur NOx Reduktion stellt das **SCR Verfahren**, das in Roh- und Reingasschaltung eingesetzt werden kann, dar. Die im BAT Dokument enthaltene Split view gibt Emissionswerte von 100-200mg/Nm³ beim Einsatz des SCR Verfahrens an.

In der österreichischen Zementindustrie wurden zwischen 1996 und 1998 bzw. 1999 und 2000 in drei Werken Versuche mit SCR in Rohgasschaltung durchgeführt. Die Versuchsergebnisse sind in diesem Bericht zusammengefasst. In einem deutschen Zementwerk ist seit rund 18.000 Betriebsstunden eine SCR Anlage in Rohgasschaltung in Betrieb.

Die österreichische Zementindustrie sieht SCR nicht als Stand der Technik an. Die größten Probleme stellen das geeignete Katalysatormaterial, die Wirtschaftlichkeit und die Verfügbarkeit der Anlagen dar.

Das Umweltbundesamt setzt sich seit Mitte der Neunziger Jahre für den Einsatz der SCR Technologie zur NO_x Minderung bei industriellen Hochtemperaturprozessen ein.

NO_x Emissionsprognosen

Für die Prognosen wurden in dieser Studie für mehrere Szenarien erwartete NO_x Emissionen im Jahr 2007 und 2010, sowie Minderungspotentiale berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammengefaßt.

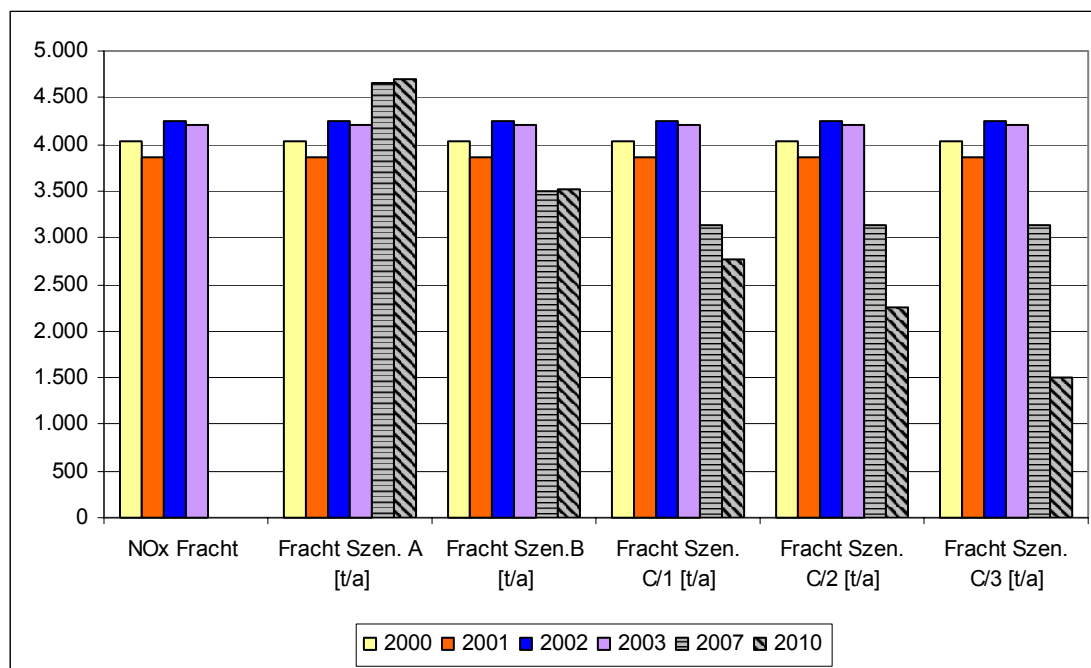


Abbildung 1: NO_x Fracht [t/a] 2000-2003, 2007 und 2010 in unterschiedlichen Szenarien
 Szenario A: BAU ohne weitere Minderungsmaßnahmen (NO_x Emissionen: 600 - 800mg/Nm³)
 Szenario B: BAU mit gesetzlichen Maßnahmen (NO_x Emission 500mg/Nm³ ab 31.10.2007)
 Szenario C/1: Maßnahmen der Zementindustrie (erwartete NO_x Emissionen 250-450 mg/Nm³)
 Szenario C/2: Minderung auf 300mg/Nm³ (nur im Jahr 2010)
 Szenario C/3: Minderung auf 200 mg/Nm³ (unterer BAT Wert; nur im Jahr 2010)

Durch in Kraft treten der Abfallverbrennungsverordnung (Ende 2007) errechnet sich gegenüber dem BAU Szenario (keine zusätzlichen Maßnahmen bis 2010) im Jahr 2010 ein Rückgang der NO_x Emissionen um 1.165 t.

Die österreichische Zementindustrie erwartet nach Optimierung der SNCR Anlagen, die zur Einhaltung der AVVO installiert werden sollen, einen weiteren Rückgang der Emissionen im Jahr 2010 um 768 t (Minderung gegenüber Szenario B – Umsetzung der AVVO).

Würde in allen österreichischen Zementwerken eine Reduktion der NO_x Emissionen auf 300mg/Nm³ erreicht werden, würde die Fracht gegenüber der Umsetzung der AVVO im Jahr 2010 um 1.258 t gesenkt werden. Bei Ausschöpfung des unteren BAT Werts von 200mg/Nm³ würde sich eine Minderung der NO_x Fracht gegenüber der Umsetzung der AVVO um 2.032 t ergeben.

Ob 200-300 mg/Nm³ mit dem SNCR Verfahren gesichert eingehalten werden können ist ungewiß, ebenso wie die Höhe des dabei auftretenden NH₃ Schlupfes. Versuche zur Optimierung des SNCR Verfahrens sind in Deutschland und Österreich im Laufen. Die Leistungsfähigkeit der SCR Technologie liegt bei Etablierung in einem Sektor deutlich unter 200 mg/Nm³.

Staub

2003 wurden in den österreichischen Zementwerken aus dem Ofenbetrieb 47,5 t und aus den anderen gefassten Quellen 138,3 t Staub emittiert. Die größten Staubemissionen stammen aus dem Klinkerkühler, dem Wärmetauscher und den Rohmehl- und Zementmühlen. In allen österreichischen Werken sind für diese Quellen Schlauch- oder Elektrofilter nach dem Stand der Technik installiert. Die Staubemissionen des Hauptkamins werden kontinuierlich erfasst, alle anderen Quellen werden durch diskontinuierliche Messprogramme überwacht.

Für die Emissionen aus dem Klinkerkühler wurden durchschnittliche erreichbare Emissionen von $< 5-10 \text{ mg/Nm}^3$ (JMW; Schlauchfilter oder Elektrofilter) angegeben. Die Emissionen aus dem Hauptkamin liegen bei Werken mit Schlauchfiltern unter 5 mg/Nm^3 (JMW), bei jenen mit 2 seriellen ESP bei etwa 10 mg/Nm^3 (JMW). Die Staubemissionen aus dem Zementmühlen lagen bei einem Werk bei etwa 13 mg/Nm^3 , bei den anderen durchgehend unter 10 mg/Nm^3 (JMW) und bei einem Werk bei etwa 3 mg/Nm^3 .

In 2 österreichischen Zementwerken wurden PM10 Emissionen bestimmt. Bei diesen Messungen zeigte sich, daß 90-95 % der Staubemissionen nach der Abgasreinigung als Partikel $< 10 \mu\text{m}$ vorliegen. Der Anteil der Partikel $< 2,5 \mu\text{m}$ bewegt sich zwischen 50 und 82 %.

Über die Höhe der diffusen Emissionen liegen keine Abschätzungen vor. In den österreichischen Werken werden allgemeine Maßnahmen wie Befestigung von Verkehrsflächen, Vermeidung von Freilagern, Umstellung der Art des Bergbaus etc. getroffen.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

In Anhang 1 der Richtlinie 2001/81/EG (EU-RL vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe) werden Emissionshöchstmengen für NO_x , NH_3 , VOC und SO_2 festgelegt. Laut österreichischer Luftschadstoffinventur lagen in den Jahren 2000-2002 die gesamten NO_x Emissionen in Österreich deutlich über dem Ziel, weshalb von Österreich ein Maßnahmenplan an die EU übermittelt werden muß.

Die Richtlinie 1999/30/EG (erste Tochterrichtlinie zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG) schreibt verbindliche Immissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe, u.a. Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide und Partikel vor. Die Richtlinie war bis zum 19.7.2001 in nationales Recht zu übernehmen. Die Grenzwerte für PM_{10} und SO_2 sind ab 1.1.2005, jene für NO_2 zum Schutz der menschlichen Gesundheit ab dem 1.1.2010 einzuhalten. Bis zu diesem Zeitpunkt gelten Toleranzmargen, die sich jährlich verringern. Treten Überschreitungen der Summe aus Immissionsgrenzwert und jeweils gültiger Toleranzmarge auf, so sind Reduktionspläne zu erstellen und zu implementieren, die auch an die EU-Kommission zu übermitteln sind. Ab 1.1.2005 sind bei der Gefahr der Überschreitung der Grenzwerte gegebenenfalls auch kurzfristige Maßnahmenpläne in Kraft zu setzen, um eine Überschreitung zu verhindern.

1.2 Ziel

Das Umweltbundesamt wurde im Zuge der Anlagengruppe „NEC Zement“ von der österreichischen Zementindustrie mit der Erstellung der Studie „Minderungspotentiale der NEC Gase und Staub bis 2010 der österreichischen Zementindustrie“ beauftragt.

Ziele dieser Studie sind, aufbauend auf den Werten der letzten vier Jahre, Prognosen für Emissionsfrachten von NO_x , NH_3 , und Staubemissionen aus gefassten Quellen der österreichischen Zementindustrie bis 2010 zu erstellen. Minderungsmaßnahmen für NO_x , NH_3 und Staub, das erwartete Potential und der Durchdringungsgrad in der österreichischen Zementindustrie sollen beschrieben und diskutiert werden. Hinsichtlich NO_x Minderung sollen laufende und bereits abgeschlossene Versuchsprogramme und deren Ergebnisse einbezogen werden.

1.3 Durchführung

Mit den Arbeiten zu dieser Studie wurde im April 2004 begonnen. Als ersten Schritt wurden zur Datenerhebung Fragebögen an die Zementwerke verschickt. Im Anschluss daran wurden im Zeitraum vom 27.5 - 14.7.2004 alle neun österreichischen Zementwerke besucht und Fachgespräche und Werksbesichtigungen durchgeführt.

Die Protokolle der Werksbesuche bilden gemeinsam mit den Fragebögen und werkspezifischen Unterlagen die Basis für diesen Bericht.

Die Vorschau auf die Jahre 2007 und 2010 wurde von den Werken im Sommer 2004 abgeschätzt und ist wie jede Vorausplanung Veränderungen unterworfen. Diese Prognosen sind in dieser Studie in verschiedenen Szenarien dargestellt und entsprechen den Werksangaben im Sommer 2004.

Alle in dieser Studie enthaltenen Ergebnisse sind aggregiert über alle Werke in Kapitel 3 dargestellt.

2 DIE ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTWERKE

In Österreich gibt es neun Zementwerke mit Ofenbetrieb, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

2.1 Gmundner Zement Produktions- und Handels GmbH - Gmunden

Historie

Um 1900 beginnt Herr Ludwig Hatschek, Erfinder der Verfahrenstechnik zur Herstellung von Dach- und Wandplatten mit der Erzeugung von Eternit und kauft Zement zu. 1907/08 wird in Gmunden die erste Zementfabrik mit einer Produktionskapazität von etwa 40.000 t/a errichtet.

1930-33 wurden die Fabrikanlagen grundlegend modernisiert und der erste Lepolofen errichtet. 1949 wurde der zweite, 1961/62 der dritte Lepolofen fertiggestellt und eine große Zementmühle erbaut.

Bereits 1952 wurde eine elektrische Entstaubungseinrichtung installiert.

1971/72 wurde eine vierstufige Wärmetauscher-Drehrohrofenanlage errichtet (die Umrüstung auf einen fünfstufigen Wärmetauscher erfolgte 1992/1993). Der Betrieb des Lepolofens wurde im Jahr 1978 eingestellt.

Seit 1981 werden zerkleinerte Altreifen in der Sekundärfeuerung eingesetzt. 1991 konnte die Betriebsbewilligung für den primärseitigen Einsatz von Altölen und Lösemitteln erlangt werden. Für beide Aktivitäten wurde das Werk mit dem Umweltschutzpreis des Landes Oberösterreich ausgezeichnet.

1997 und 1998 wurde ein Versuchsbetrieb zur thermischen Verwertung von Kunststoffen durchgeführt, die Betriebsbewilligung für den Kunststoffeinsatz wurde 2001 erteilt.

2001 ging eine neue Zementmahlanlage mit einer Kapazität von rd. 110 t/h in Betrieb.

2002 konnte eine moderne Bahn-Lose-Verladung in Betrieb genommen werden.

Heute

Abbildung 2: Gmundner Zement Produktions- und Handels GmbH

Kalkstein aus einem Steinbruch in Ebensee (Anlieferung per Bahn) und Mergel aus einem Steinbruch in Gmunden (Abförderung aus dem Steinbruch mit Schrägbahn, Transport zur Ofenanlage mit Förderband) werden in einem 72 m langen Drehrohrföfen mit 5 stufigem Wärmetauscher zu Klinker gebrannt. Die benötigte Energie wird zum größten Teil aus Ersatzbrennstoffen, Altreifen, Altölen, Lösemitteln, Tierfetten und Kunststoffen gewonnen. Als konventionelle Energieträger sind Steinkohlenstaub, Heizöl schwer und Erdgas in Verwendung. Altreifen werden in der Sekundärfeuerung, alle anderen Brennstoffe in der Primärfeuerung eingesetzt. Die konventionellen Brennstoffe sowie die Ersatzbrennstoffe werden überwiegend per LKW angeliefert.

Die Abkühlung des Klinkers erfolgt über einen Planetenkühler direkt am Drehrohr und wird zur Produktion von Zement in unterschiedlichen Qualitäten verwendet.

Die Minderung der Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb (Klinkerkühler, Wärmetauscher, Rohmehlmühle) erfolgt durch zwei in Serie geschaltete Elektrofilter. Das zweite Filter ging 1987/88 in Betrieb. Alle anderen gefassten Staubquellen werden durch Schlauchfilter, wovon dzt. rd. 80 Stück im Einsatz sind, gemindert.

2.2 Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H. - Kirchdorf

Historie

Im Jahr 1888 nahm durch die Initiative von Herrn Adolf Hofmann und Herrn Emil v. Dierzer, das Zementwerk Kirchdorf seinen Betrieb auf.

1957 ging der erste Drehrohrofen in Betrieb. Dieser ist heute noch funktionstüchtig, befindet sich aber nicht im Einsatz. 1962 wurde eine zweite Drehofenanlage errichtet, deren Leistung im Jahr 1973 fast verdoppelt wurde.

1991 wurden für die Ofenanlage 2 zwei voneinander unabhängige Elektroentstaubungsanlagen für Ofenabgase nach der im Verbund betriebenen Rohmühle und die Kühlerabluft in Betrieb genommen. Im Jahr 1997 wurde am Ofen die letzte Stufe der Leistungssteigerung erreicht.

1996 wurde das Werk nach ISO 9003, und im Jahr 2003 nach ISO 9001-2000 zertifiziert.

Heute

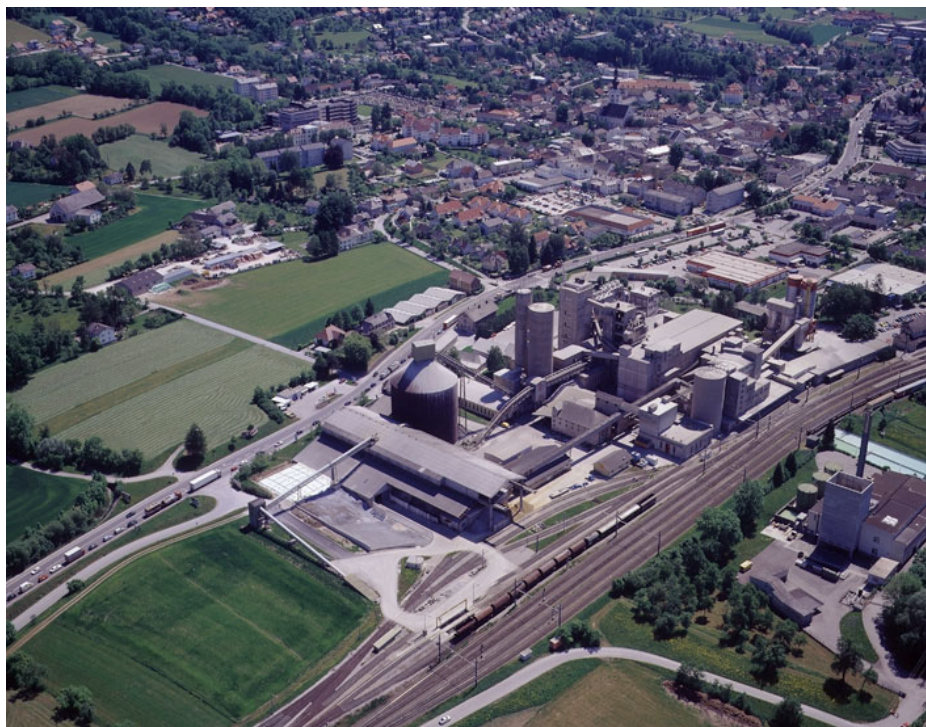


Abbildung 3: Kirchdorfer Zementwerk Hofmann Ges.m.b.H

Die Rohmaterialien werden per Bahn aus dem etwa 6 km entfernten Steinbruch ins Werk gebracht. Die Rohmaterialien sind schwer verarbeitbar, da der Steinbruch eine stark inhomogene Zusammensetzung aufweist und viele Einschlüsse im Kalkstein vorhanden sind. Nach der Rohmehlaufbereitung wird in einem Drehrohrofen mit 4 stufigem Wärmetauscher und Chlorbypass Klinker gebrannt. Die benötigte Energie wird aus Steinkohle, Erdgas, Petrolkoks sowie Ersatzbrennstoffen, wie Tiermehl, Holzabfällen, Kunststoffen, Klärschlamm und Altreifen gewonnen.

Die Abkühlung des Klinkers erfolgt auf einem rückläufigen Schrägrostkühler. Der Klinker wird teilweise verkauft und größtenteils zu Zement verarbeitet. Der Abtransport des Zements in Säcken und lose erfolgt per Bahn und LKW. Die Anlieferung der Brennstoffe erfolgt in Ab-

hängigkeit von den Randbedingungen per Bahn oder LKW.. Das Zementwerk Kirchdorf verfügt über eine Wärmerückgewinnungsanlage nach Klinkerkühler zur Erzeugung von Heisswasser für das örtliche Fernwärmenetz.

Die Minderung der Staubemissionen aus dem Klinkerkühler erfolgt mittels Elektrofilter mit drei Feldern. Die Staubemissionen aus dem Wärmetauscher und der Rohmehlmühle werden ebenfalls durch einen 3 feldrigen Elektrofilter gemindert. Die Staubemissionen der beiden Zementmühlen werden je durch ein Gewebefilter gemindert. Insgesamt können der Zementproduktion rund 60 gefaßte Quellen zugerechnet werden.

2.3 Lafarge Perlmöoser AG – Mannersdorf

Historie

Im Jahr 1894 wurde am Standort in Mannersdorf ein Zementwerk gegründet, das 1905 von der Perlmöoser AG übernommen wurde. 1997 wurden die Perlmöoser Zementwerke ein Teil der weltweit führenden Baustoffgruppe Lafarge.

1996 wurde mit dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen wie Altölen begonnen, wobei die Palette an eingesetzten Ersatzbrennstoffen laufend erweitert wurde.

2000 wurde eine Bahntladeeinrichtung in Betrieb genommen.

2001 wurde das Elektrofilter des Drehrohrofens durch ein Schlauchfilter ersetzt.

2002 wurde ein Chlorbypass installiert.

Heute



Abbildung 4: Lafarge Perlmöoser AG Werk Mannersdorf

Heute ist das Zementwerk in Mannersdorf, mit einer installierten Klinkerkapazität von 890.000 t/a (Stand 31.12.2002) das größte Zementwerk in Österreich.

Das Rohmaterial wird per Förderband aus dem Steinbruch ins Werk transportiert. Nach der Aufbereitung wird das Rohmehl in einem 2 strangigen, 5 stufigen Wärmetauscher Drehrohr-Ofen mit Vorkalzinator und Chlorbypass zu Klinker gebrannt. Die dazu benötigte Energie stammt zu kleinen Teilen aus Steinkohle, Heizöl leicht und Erdgas. Die Hauptenergieträger sind Petrolkoks, aufbereiteter Substitutbrennstoff (Thermoteam), Altöl, Tiermehl, Tierfett, Sonnenblumenkernschalen und Pilzmycel.

Der gebrannte Klinker wird zu neun Sorten Zement verarbeitet. Der Abtransport der Produkte erfolgt zum Teil per Bahn, größtenteils jedoch per LKW.

Die Staubemissionen aus dem Klinkerkühler werden über ein Elektrofilter gemindert. Jene aus dem Drehrohr-Ofen und der Rohmehlmühle über ein Tuchfilter. Die Abluft aus den zwei Zementmühlen wird über vier Schlauchfilter geführt. Insgesamt gibt es am Standort 89 gefaßte Quellen, die mit Tuchfiltern ausgestattet sind.

2.4 Lafarge Permooser AG – Retznei

Historie

Das Werk Retznei wurde 1908 als Ehrenhauser Portlandzement GmbH gegründet und 1910 von der Permooser Zementwerke AG übernommen.

1967 wurde eine neue Ofenanlage, die mehrere Generationen von Öfen ablöste, in Betrieb genommen. Ebenfalls ging eine elektrische Entstaubungsanlage in Betrieb.

1997 wurden die Permooser Zementwerke ein Teil der weltweit führenden Baustoffgruppe Lafarge.

1982 wurde mit dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen begonnen.

Das in Retznei eingesetzte Rohmaterial enthält auf Grund geologischer Gegebenheiten Schwefelbeimengungen, die zu stark schwankenden hohen SO₂ Konzentrationen im Rauchgas führten. 1998 wurde ein SO₂ Wäscher nach dem Nassverfahren in Betrieb genommen. Ein besonderes Merkmal des rd. 5,8 Mio. € teuren Wäschers, ist die Arbeitsweise in einem geschlossenen System. Als Absorbens im Brennprozess wird anfallender Filterstaub eingesetzt und der bei der Entschwefelung anfallende Gips im Produktionsprozess wird vollständig verwertet.

Im Jahr 2002 wurde ein Joint Venture zwischen der Lafarge Permooser AG und der Saubermacher Dienstleistungs- AG, die Thermoteam GmbH gegründet. 2003 eröffnete das Thermoteam eine Aufbereitungsanlage für Ersatzbrennstoffe.

2003 wurde eine SNCR Anlage installiert.

Heute

Abbildung 5: Lafarge Perlmooser AG Werk Retznei

Das für die Zementproduktion benötigte Rohmaterial wird in drei Steinbrüchen, wovon zwei in Werksnähe liegen, abgebaut und aus diesen mittels Förderband ins Werk transportiert. Nach der Trocknung und Mahlung wird das Rohmehl in einem 4 stufigen Wärmetauscher Drehrohrofen mit Chlorbypass zu Klinker gebrannt. Zur Energiegewinnung werden Steinkohle, Petrolkoks und Heizöl leicht, sowie in zunehmendem Maße Ersatzbrennstoffe wie Altreifen (im Ganzen), Altöl, aufbereiteter Substitutbrennstoff (Thermoteam) und Tiermehl eingesetzt.

Der gebrannte Klinker wird über einen Rostkühler gekühlt und zu sieben verschiedenen Zementsorten und einer Sorte Bindemittel verarbeitet. Der Abtransport der Produkte erfolgt per Bahn (<10%) und LKW.

Die Minderung der Staubemissionen aus dem Klinkerkühler erfolgt mittels eines 3 Kammer Elektrofilters. Die Emissionen aus dem Drehrohrofen und der Rohmehlmühle werden über ein eigenes 3 Kammer Elektrofilter entstaubt. Zur Minderung der Emissionen aus den Zementmühlen sind Schlauchfilter im Einsatz.

Aufgrund der hohen Schwefelbelastung der Rohmaterialien ist im Werk Retznei ein SO₂ Wäscher im Einsatz. Zur Minderung der Stickoxidemissionen ist seit 2003 eine SNCR Anlage in Betrieb.

Aktuell wird im Werk Retznei eine UVE (Umweltverträglichkeitserklärung) vorbereitet. Mit dieser soll die Liste der einsetzbaren Ersatzbrennstoffe u.a. um Papier und Pappe, Altpapier, Graphit, Textilabfälle, Schnitt- und Stanzabfälle, Klärschlamm erweitert werden. Weiters ist geplant, derzeit eingesetzte Rohstoffe zur Klinkererzeugung teilweise durch Holz- und Strohasche, Gips, Kalkschlamm oder andere geeignete Materialien zu ersetzen. Im Zusammenhang mit der Erweiterung der Ersatzbrennstoffpalette wird seitens des Werkes mit einem NO_x-Grenzwert von < 500 mg/Nm³ gerechnet.

2.5 Zementwerk Leube GmbH - Gartenau

Historie

1838 gründete Herr Dr. Ernst Gustav Leube gemeinsam mit seinen Brüdern das Unternehmen Gebrüder Leube. Im Jahr 1864 übernahmen die Gebr. Leube eine bestehende Zementerzeugung samt Mergelsteinbrüchen in Gartenau.

1938 wurden neue Schachtöfen gebaut, die 1960 durch die Drehrohrofenanlage 1 ersetzt wurden. 1967 ging der Drehofen 2 in Betrieb.

1972-74 wurde eine neue Putzanlage errichtet und 1981 begann die Produktion von Mineralfarben auf Kalkbasis.

Seit 1996 existierten Pläne zum Einsatz von Ersatzbrennstoffen, der Versuchsbetrieb begann 1998. Gleichzeitig mit der Ersatzbrennstoffverbrennung formierte sich auch ein Bürgerbeirat, mit dem eine zivilrechtliche Vereinbarung getroffen wurde, Ersatzbrennstoffe nur nach einem Konsens zwischen Zementwerk und Bürgerbeirat einzusetzen. Dem Bürgerbeirat werden Quartalsberichte mit Emissionswerten, Ersatzbrennstoffmengen und -qualitäten sowie gegebenenfalls Informationen über Produktionsstörungen zur Verfügung gestellt. In regelmäßigen Abständen werden mit dem Bürgerbeirat umweltrelevante Themen sowie Änderungen beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen besprochen.

Heute



Abbildung 6: Zementwerk Leube Ges.m.b.H

Die Rohmaterialien werden vom Steinbruch über einen Bandstollen ins Werk transportiert und mahlgetrocknet. Zum Klinkerbrennen stehen 2 Drehrohröfen zur Verfügung, deren Betriebsstunden von den absetzbaren Zementmengen bestimmt werden:

- Drehofen 1: 4 stufiger Schwebegas Wärmetauscher Drehrohröfen, der bei längeren Anlagenstillständen des zweiten Ofens für einige Wochen im Jahr in Betrieb genommen wird.
- Drehofen 2: 4 stufiger Schwebegas Wärmetauscher Drehrohröfen mit Vorkalzinator, in dem derzeit der Einsatz von Ersatzbrennstoffen genehmigt ist.

Zur Energiegewinnung werden Braunkohle und Heizöl schwer, sowie die Ersatzbrennstoffe Kunststoffe, Altreifen, Tiermehl, Tierfett und Holzstaub eingesetzt. Das Anfahren des Ofens erfolgt mit Heizölen mit geringem Schwefelanteil.

Der produzierte Klinker des Drehrohröfens 2 wird über einen 2003 neu errichteten Klinkerkühler gekühlt, für den Klinker aus Ofen 1 steht ein eigener Klinkerkühler zur Verfügung. Der produzierte Klinker wird hauptsächlich zu Zement verarbeitet. Darüber hinaus werden am Standort Gartenau auch Putze, Mörtel und Farben produziert. Der Abtransport der Fertigprodukte, sowie die Anlieferung der Rohmaterialien erfolgt per LKW.

Die Abgase beider Öfen werden derzeit durch ein gemeinsames 3 feldriges Elektrofilter gereinigt, wodurch die Höhe der Emissionskonzentrationen unabhängig vom betriebenen Ofen sind. Die Reinigung der Abluft aus dem Klinkerkühler erfolgt ebenfalls über ein Elektrofilter. Die Entstaubung der Zementmühlen, sowie der restlichen gefassten Staubquellen erfolgt mit

Schlauchfiltern. Im Bereich der Förderanlagen und Silos sind etwa 40, am gesamten Standort über 150 Entstaubungsanlagen installiert.

Aktuell wird vom Zementwerk Leube ein UVP Verfahren zur Erhöhung der Einsatzmenge an Ersatzbrennstoffen angestrebt. Gespräche mit dem Bürgerbeirat sind bereits im Gang. Im Zuge dieser Erweiterung soll auch ein Chlorbypass gebaut werden. Durch den Chlorbypass wird in der Einlaufkammer ein Teilvolumenstrom mit hoher Feinstaubbelastung abgezogen werden. Dieser wird rasch abgekühlt und in einem Heißgasschlauchfilter wird der belastete Staub abgeschieden. Die entstaubte Luft geht als Sekundärluft zurück in den Klinkerkühler und der Staub wird dem Klinker bzw. Zement zugesetzt.

2.6 Schretter & Cie - Vils

Historie

Im Jahr 1899 trat Herr Georg Schretter in ein Unternehmen ein, in dem in einem einfachen Schachtofen Kalk und Tonwaren gebrannt wurden. Zur Jahrhundertwende erfolgte ein Modernisierungsschub, bei dem 1900 ein Ringofen mit künstlicher Trocknerei und Kamin, und 1903 ein Zickzackofen errichtet wurde.

Bereits 1904 wurde erstmals Portlandzement hergestellt und die Ziegel und Kalkproduktion vorläufig eingestellt. Die Kalkproduktion wurde im Jahr 1966 wieder aufgenommen.

1919 wurde der erste Zementschachtofen in Betrieb genommen und 1961 die erste Drehrohrofenanlage (System Lepol), die 1973 durch eine Drehrohrofenanlage (System Dopolschwebegaswärmetauscher) ersetzt wurde.

1999 wurde das Mahlwerk Kirchbichl übernommen, in dem hauptsächlich Klinker aus Vils vermahlen wird.

Heute



Abbildung 7: Schretter und Cie, Vils

Die Rohmaterialien werden durch eine Materialseilbahn vom Steinbruch ins Werk transportiert, wo sie nach der Mahlung in einem Drehrohrofen mit 4 stufigem Wärmetauscher zu Klinker gebrannt werden. Zur Energiegewinnung werden hauptsächlich konventionelle Brennstoffe, Braunkohle und Heizöl schwer eingesetzt. Als Ersatzbrennstoffe werden Altreifen, die im Ganzen aufgegeben werden, und dzt. geringe Mengen produktionspezifische Gewerberückstände eingesetzt.

Der gebrannte Klinker wird über einen Rostkühler gekühlt und zur Produktion von Portlandzement und Spezialbaustoffen verwendet. Insgesamt werden etwa 200 verschiedene Spezialbaustoffrezepturen hergestellt. Weiters wird am Standort Vils Kalk produziert. Der Abtransport der Fertigprodukte erfolgt, aufgrund der kurzfristigen Liefertermine größtenteils per LKW. Für die Anlieferung mancher Brennstoffe und Zuschlagstoffe, sowie für den Klinkertransport zum Werk Kirchbichl ist die Bahn gut nutzbar.

Die Minderung der Staubemissionen aus dem Klinkerkühler erfolgt über ein 3-Kammer-Elektrofilter. Die Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb (Wärmetauscher/Rohmehlmühle) und jene der Zementmühlen werden durch Schlauchfilter gemindert. Am gesamten Standort sind, zusätzlich zu den Filtern der Zementmühlen, des Wärmetauschers 42 Schlauchfilter installiert.

2.7 Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH – Peggau

Historie

1893 beginnt Josef Hofbauer in Peggau mit der Gewinnung von Kalkschotter.

1949 pachtet Herr Alois Kern, ein Verwandter der Familie Knoch (Wietersdorf) das Werk in Peggau und beginnt mit der Zementproduktion. 1958 kann das Werk schließlich erworben werden, 1959 kommt es in der Familie zum Tausch von Gesellschaftsanteilen und die „Peggauer Zementwerke Alois Kern“ werden in die Wietersdorfer Gruppe eingebracht.

1961 geht die erste, 1978 die zweite Drehrohrofenanlage in Betrieb.

1968 wurde der Wärmedämmputz „Thermo Putz“ entwickelt.

1990 beginnt der Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit Altölen und Lösungsmitteln.

Heute



Abbildung 8: Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke GmbH, Werk Peggau

Kalkstein wird in drei Steinbrüchen abgebaut. Einer davon ist der Kalksteinbruch Tanneben, von wo aus das Material in einem 200m langen Sturzsacht und anschließender Förderbandbrücke ins Werk transportiert wird. Das in den beiden Werkssteinbrüchen abgebaute Material wird mittels Radlader zur Aufbereitung gebracht. Nach der Aufbereitung wird das Rohmehl im Drehrohrofen nach dem Lepolverfahren zu Klinker gebrannt. Von den beiden im Werk vorhanden Drehrohrofen kann immer nur einer betrieben werden. Zur Energiegewinnung werden Steinkohle, Erdgas, Petrolkoks und ein großer Anteil Ersatzbrennstoffe, nämlich Kunststoff, Altöl, Lösemittel, Tiermehl und –fett und Klärschlamm eingesetzt.

Der gebrannte Klinker wird über einen Rostkühler gekühlt und zur Produktion von Zement und Bindemitteln herangezogen. Der Abtransport der Fertigprodukte, Zement, Bindemittel, Kalk und Baustoffe, erfolgt fast ausschließlich mittels LKW, auch die Anlieferung von Brennstoffen und auch Rohstoffen zur Zementproduktion erfolgt großteils per LKW.

Die Minderung der Staubemissionen aus dem Klinkerkühler und dem Drehrohrofen erfolgt über ein Schlauchfilter. Die Emissionen der Rohmehlmühle werden über ein eigenes Elektrofilter gemindert. Insgesamt befinden sich im Werk 85 Schlauchfilter und ein Elektrofilter.

2.8 Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH – Wietersdorf

Historie

1893 wurde von Herrn Philipp Knoch die Firma Wietersdorfer Portland und Roman Cementwerke gegründet.

1938 wurde der erste, 1955 der zweite Lepolofen gebaut. 1965/66, 5 Jahre nach Inbetriebnahme eines neuen Kalk- und Mergelbruchs, wurden ein Drehrohrofen und eine Rohmühle errichtet. 1977 wurde der Drehrohrofen mit einer elektrischen Filteranlage ausgestattet, die 1999 erstmals in Österreich durch ein Schlauchfilter ersetzt wurde.

1977 wurde eine Thermo - Putzanlage, 1979 eine Edelputz- und Farbenproduktion errichtet.

Mit der Verbrennung von Altreifen wurde 1987 begonnen, diese wurde jedoch 1994 wieder eingestellt. Seit 1992 werden Kunststoffe eingesetzt, wobei im Jahr 1998 die Kunststoffaufbereitung (Zerkleinerung, Lagerung, Dosierung) neu errichtet wurde.

Im Jahr 1988 ging die Wietersdorf und Peggauer Zementwerke GmbH mit der Wopfinger Baustoffindustrie GmbH einen Kooperationsvertrag ein, um gemeinsam unter der Dachmarke BAUMIT Markenprodukte zu vertreiben.

Heute

Abbildung 9: Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke GmbH, Werk Wietersdorf

Die Abbaustätten für Kalkstein und Mergel befinden sich am Rücken des hinter dem Werk befindlichen Berges. Mergel wird nach dem Abbau mit Großhydraulikbaggern mittels LKW zu einer Brecheranlage und danach mittels Bandförderer zur Weiterverarbeitung transportiert. Kalkstein wird durch Sprengungen gewonnen und mit LKW zur Brecheranlage gebracht. Nach der Aufbereitung der Rohmaterialien werden sie im Drehrohrofen nach dem Lepolverfahren gebrannt. Zur Energiegewinnung werden Steinkohle, Erdgas, Kunststoffabfälle, Tiermehl und in einem Versuchsbetrieb heizwertreiche Fraktionen eingesetzt.

Der gebrannte Klinker wird über einen Rostkühler gekühlt und zu 13 Sorten Zement und Bindemitteln weiterverarbeitet. Der Abtransport der Fertigprodukte, Zement, Bindemittel, Kalk und Baustoffe, erfolgt fast ausschließlich mittels LKWs. Die Anlieferung von Brennstoffen und auch Rohstoffen zur Zementproduktion erfolgt größtenteils per Bahn. Der Bahntransport soll in Zukunft massiv ausgebaut werden.

Die Staubemissionen aus der Rohmehlmühle werden seit 2003 gemeinsam mit den Emissionen aus dem Drehrohrofen und Klinkerkühler durch ein Schlauchfilter gemindert. Insgesamt befinden sich im Werk Wietersdorf 83 Schlauchfilter, von denen 56 der Zementproduktion zugerechnet werden können.

Im letzten Jahr wurde, nach einem Mediationsverfahren mit dem Bürgerbeirat, eine UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung), die drei Projekte umfasste, durchgeführt:

- 1.: Erweiterung der Klinkerproduktionskapazität von 1.100 t/d auf 1.400 t/a (erster Schritt) bzw. 2.200 t/d. Diese Erweiterung basiert auf Ersatz des derzeitigen Lepolverfahrens durch das Wärmetauscherverfahren (5 stufiger Wärmetauscher, Vorkalzinator und Tertiärluftleitung).
- 2.: Erhöhung des Einsatzes von Alternativroh- und Alternativbrennstoffen.
- 3.: Errichtung einer Aufbereitungsanlage für Alternativbrennstoffe

2.9 Wopfinger Baustoffindustrie GmbH - Waldegg

Historie

1810 wurde am heutigen Standort im Piestingtal bereits Kalk produziert und im Jahre 1911 die Wopfinger Stein und Kalkwerke registriert.

Seit 1970 werden am Standort Fertigputze produziert.

Die Zementproduktion wurde 1980 gestartet und ist somit Österreichs jüngste Zementproduktionsanlage.

1989 ging die Wopfinger Baustoffindustrie GmbH mit der Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke GmbH einen Kooperationsvertrag ein, um gemeinsam unter der Dachmarke BAUMIT Markenprodukte zu vertreiben.

Heute



Abbildung 10: Wopfinger Baustoffindustrie GmbH

Das Zementwerk Wopfung ist ein Teil der Schmid Industrie Holding, die derzeit mehr als 60 Unternehmen in 13 europäischen Staaten umfasst. Am Standort Waldegg werden neben Zement auch Kalk und Fertigputze in trockener und pastöser Form hergestellt.

Als Rohmaterialien für die Zementproduktion werden vor allem Kalkstein aus dem eigenen Steinbruch, sowie Ton und Quarzsand eingesetzt. Die Rohmaterialien werden in einem Drehrohfen mit 5 stufigem Wärmetauscher und Vorkalzinator zu Klinker gebrannt. Als Brennstoffe werden Braunkohle, Heizöl schwer, Papierfaserreststoffe, Kunststoffe, Tiermehl, Tierfett und Abraummateriale eines Steinkohlebergbaus eingesetzt.

Der gebrannte Klinker wird über einen Rostkühler gekühlt und zur Produktion von Zement und Spezialprodukten verwendet. Der Transport der Rohmaterialien, Brennstoffe und Fertigprodukte erfolgt zum überwiegenden Teil mit LKW.

Die Staubemissionen aus dem Hauptkamin werden durch 2 in Serie geschaltene Elektrofilter gemindert. Der Abluftvolumenstrom aus dem Klinkerkühler wird über ein Schüttbetfilter gereinigt und danach zur Sandtrocknung im Fertigputzwerk sowie für die Umweltzementmühle herangezogen. Zur Minderung der Staubemissionen aus der Zementmühle werden 2 Schlauchfilter eingesetzt. Von den Filtern am Standort Wopfing können etwa 20 Filter nur der Zementproduktion zugeordnet werden.

3 TREND 2000-2003 UND PROGNOSE 2007 UND 2010

In diesem Kapitel werden Trends 2000-2003 und Prognosen 2007 und 2010 der Klinkerproduktion, des Energiebedarfs und der eingesetzten Brennstoffe, des Rauchgasvolumenstroms sowie der Emissionen der NEC Gase und Staub dargestellt. Die Erhebung und Darstellung der Daten der vergangenen Jahre dient zum einen der Konsistenzprüfung, zum anderen bildet sie die Grundlage für das Aufzeigen erwarteter Entwicklungen.

Zusätzlich sind Maßnahmen zur Minderung der Emissionen, mit Schwerpunkt NO_x, beschrieben und diskutiert.

Die dargestellten, aggregierten Ergebnisse der Prognosen, sowie der diskutierten Minderungstechnologien - ausgenommen die genannten Erfahrungen der SCR Anlage in Deutschland - beruhen auf Angaben der neun Werke der österreichischen Zementindustrie im Sommer 2004.

Die Datenerhebung erfolgte in Form von Fragebögen, die im Zuge von Besuchen in allen Werken der österreichischen Zementindustrie im Rahmen von Fachgesprächen und Werksbesichtigungen konkretisiert und diskutiert wurden. Die Fragebögen bilden gemeinsam mit den Protokollen der Gespräche und werkspezifischer Unterlagen die Basis für die hier dargestellten Ergebnisse.

Die Vorschau auf die Jahre 2007 und 2010 wurde von den Werken im Sommer 2004 abgeschätzt und ist wie jede Vorausplanung Veränderungen unterworfen.

3.1 Klinkerproduktion

In Abbildung 11 ist die Klinkerproduktion der neun österreichischen Zementwerke der Jahre 2000-2010 dargestellt.

Bei den Daten 2000-2003 handelt es sich um Produktionsdaten der vergangenen Jahre, die gut dokumentiert sind.

Die erwartete Klinkerproduktion 2007 und 2010 ist die aggregierte Darstellung der Eigenschätzungen der einzelnen Werke. Der für die Jahre 2007/10 im Diagramm angezeigte Zahlenwert der Klinkerproduktion entspricht dem Mittelwert der von den Werken angegebenen Erwartungen. Die Schwankungsbreite beträgt $\pm 0,46\%$.

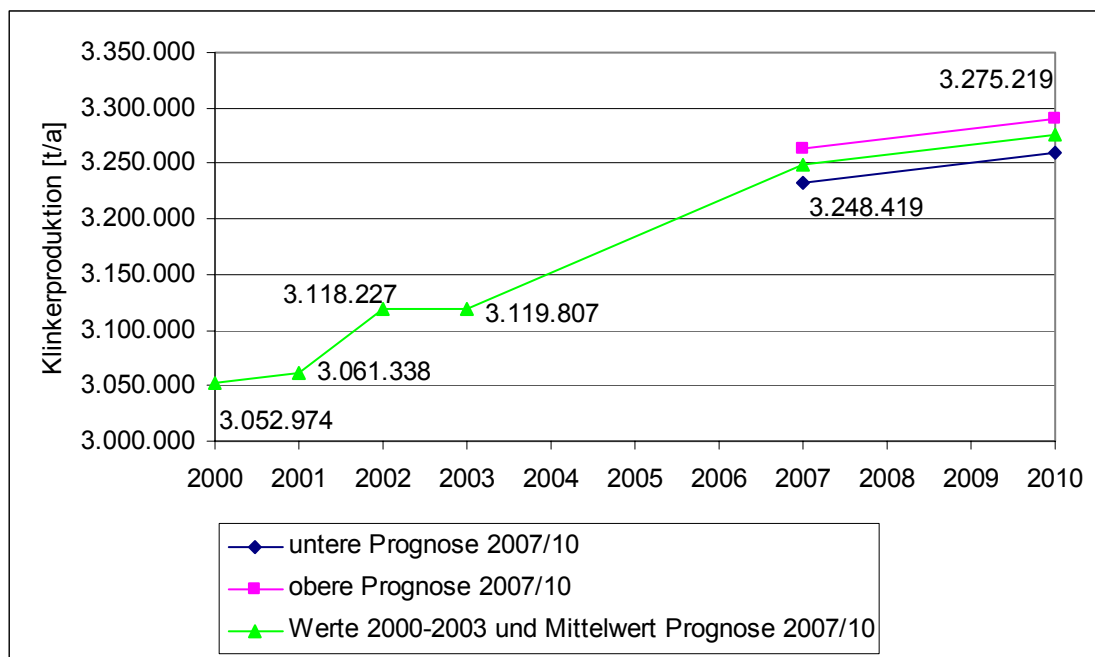


Abbildung 11: Klinkerproduktion [t/a] der neun österreichischen Zementwerke

Nach HACKL & MAUSCHITZ (2003) beträgt die installierte Klinkerkapazität rd. 4,2 Mio. t. Die Produktionsprognosen bewegen sich innerhalb dieses Rahmens.

Die erwartete Klinkerproduktion bis 2010 soll z.T. durch höhere Auslastung und z.T. durch anlagenspezifische Maßnahmen zur Produktionssteigerung und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz erreicht werden. Derartige Maßnahmen sind beispielsweise:

- Verkürzung der Winterrevision
- Bau einer neuen Rohmehlmühle
- Strömungstechnische Optimierungen
- Bau einer Tertiärluftleitung
- Neuer Klinkerkühler
- Umrüstung einer Lepolanlage auf einen 5 stufigen Wärmetauscher mit Vorkalzinator

3.2 Energieeinsatz und Brennstoffe

Abbildung 12 zeigt den spezifischen Energieeinsatz über alle österreichischen Zementwerke. Die Ermittlung des dargestellten spez. Energieeinsatzes der Jahre 2000-2003 basiert auf den von den Werken angegebenen, eingesetzten Brennstoffmengen und den angegebenen zugehörigen Heizwerten. Der spezifische Energieeinsatz für die Jahre 2007/10 wird in sechs Werken gleich wie für das Jahr 2003 angenommen. Im Werk, in dem das bestehende Lepolverfahren auf einen 5 stufigen Wärmetauscher umgerüstet wird, wird mit einem deutlichen Rückgang des spezifischen Energieeinsatzes gerechnet.

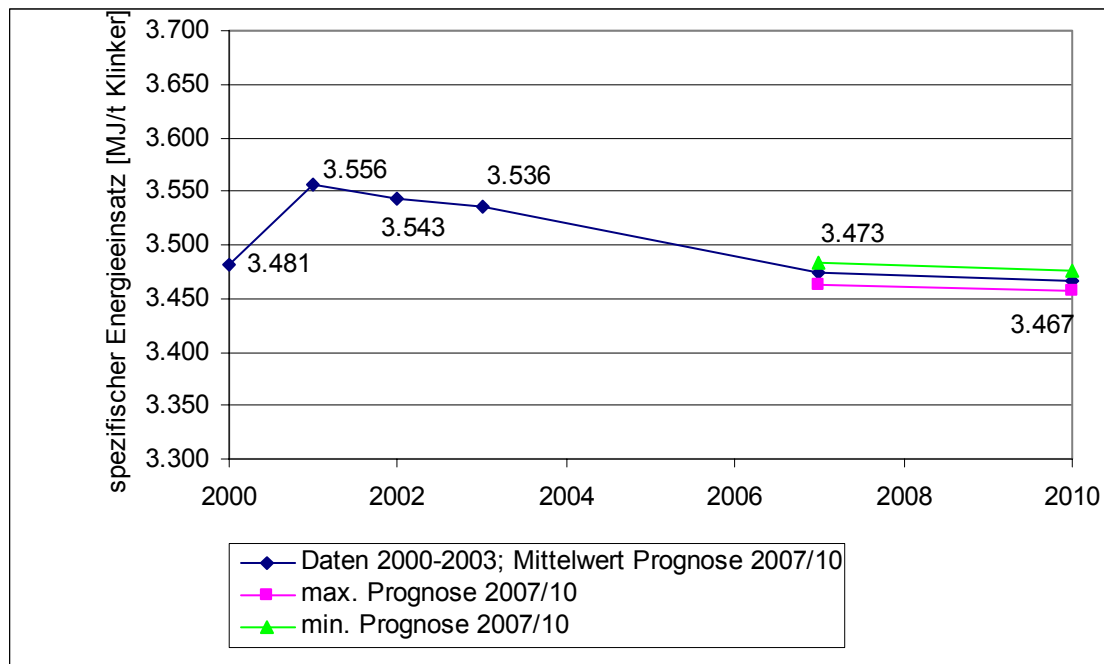


Abbildung 12: spezifischer thermischer Energiebedarf für den Klinkerbrand

Abbildung 13 zeigt die Menge der eingesetzten konventionellen Brennstoffe in der österreichischen Zementindustrie. In dieser Abbildung findet sich auch Petrolkoks, dessen Einstufung als konventioneller Brennstoff oder Ersatzbrennstoff seit den Neunzigerjahren diskutiert wird. 1998 wurde Petrolkoks vom BMU als „Nicht Abfall“ mit maximalen Schadstofflimits und sonstigen Kriterien eingestuft. In der freiwilligen Selbstverpflichtung der österreichischen Zementindustrie aus dem Jahr 2002, die den Einsatz von Abfällen als Brennstoff auflistet, wurde Petrolkoks aufgenommen. Petrolkoks ist auch im ÖNI Abfallverzeichnis mit Schlüsselnummer enthalten. Unbeschadet dessen wird Petrolkoks, in der von der Zementindustrie eingesetzten Qualität vom BMLFUW als „Nicht Abfall“ gewertet [HACKL&MAUSCHITZ, 2003]. Der EuGH hat mit Entscheidung C-235/02 vom 15.01.2004 entschieden, daß Petrolkoks kein Abfall ist. 2002 betrug der Anteil an Petrolkoks am spezifischen Brennstoffenergiebedarf der europäischen Zementindustrie 50,1 % [CEN/TC 51, 2004] Aus diesem Grund findet sich Petrolkoks an dieser Stelle bei den konventionellen Brennstoffen.

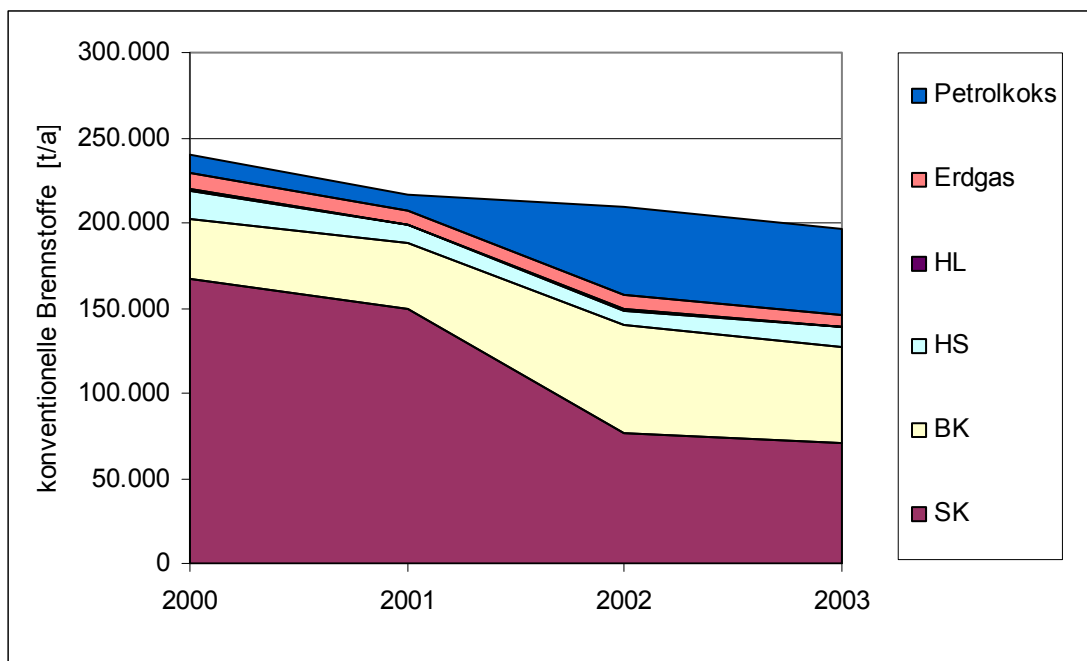


Abbildung 13: Einsatz konventioneller Energieträger in der österreichischen Zementindustrie der Jahre 2000-2003

Wie der Abbildung entnommen werden kann, ging in den letzten Jahren der Einsatz von Heizöl Schwer und Erdgas zurück und es fand eine Verlagerung von Steinkohle zu Braunkohle und Petrolkoks statt.

Zusätzlich zu den konventionellen Energieträgern wurden im Jahr 2003 rd. 48% der eingesetzten Energie durch Ersatzbrennstoffe aufgebracht. Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Energie auf die unterschiedlichen Ersatzbrennstoffe in den Jahren 2000-2003.

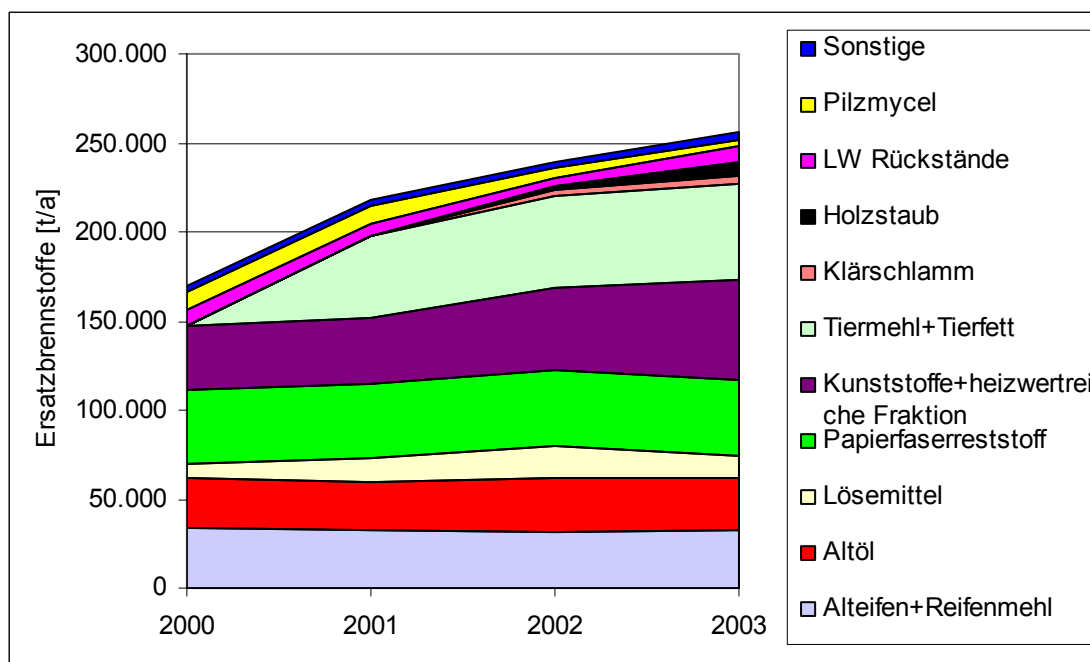


Abbildung 14: Einsatz von Ersatzbrennstoffen in der österreichischen Zementindustrie der Jahre 2000-2003

sonstige Abfälle: von den einzelnen Fraktionen werden nur geringe Mengen eingesetzt: Abraummateriale, kontaminiertes und nicht kontaminiertes Altholz, Farb- und Lackabfälle....

In den Jahren 2000-2003 kamen zu den, bereits seit längerem in der Zementindustrie eingesetzten Abfälle, wie Altreifen, Altöle, Kunststoffe, Lösungsmittel, Papierfaserreststoff und sonstige Abfälle, weitere Abfälle, nämlich Holzstaub, Klärschlamm sowie Tiermehl und Tierfett hinzu. Bei den aufbereiteten heizwertreichen Fraktionen (im Diagramm in den Kunststoffen enthalten) war eine deutliche Zunahme in den letzten 4 Jahren, von 6.238 t (2000) auf 25.926 t (2003) zu verzeichnen.

Prognose

Der Anteil an Ersatzbrennstoffe am Brennstoffenergieeinsatz in der österreichischen Zementindustrie wird lt. Betreiberangaben bis zum Jahr 2010 weiter steigen.

Hinsichtlich der Art der eingesetzten Brennstoffe bis 2010 ist mit folgenden Verschiebungen zu rechnen:

- Tierfett ist derzeit als Ersatzbrennstoff praktisch nicht mehr verfügbar
- Tiermehl verschwindet zusehens vom Ersatzbrennstoffmarkt, da es wieder als Dünger in der Landwirtschaft und als Tierfutter eingesetzt wird.

In den nächsten Jahren sollen vermehrt aufbereitete Substitutbrennstoffe, Kunststoffe, Holzstaub, und Klärschlamm eingesetzt werden. Die Kunststoffe werden größtenteils aufbereitet zugekauft. In der Zementindustrie bestehen derzeit zwei Kunststoffaufbereitungsanlagen.

Die Zementindustrie setzt nur solche Ersatzbrennstoffe ein, die die Produktion normgerechter Produkte, Zement und Klinker, erlauben, weshalb von den Werken Ersatzbrennstoffe klar definierter Qualität bevorzugt werden.

Durch den Einsatz von niederkalorischen Ersatzbrennstoffen kann es zu einem Anstieg des Volumenstroms und einer Abnahme der Produktionsleistung kommen, sofern dem nicht durch Energieeffizienz Maßnahmen entgegen gewirkt wird. Die Gründe liegen in einem oft niedrigerem Heizwert und höheren Wassergehalt solcher Ersatzbrennstoffe. Durch den Einsatz von vorwiegend hochkalorischen Fraktionen wäre eine Abnahme der Produktionsleistung nicht merkbar.

Bei der Zusammensetzung der Ersatzbrennstoffe muß auch auf den Chlorgehalt geachtet werden. Durch übermäßigen Chloreintrag kann es zu vermehrten Anpackungen im Wärmetauscherturm kommen, die eine gezielte und schnelle Abreinigung erfordern.

3.3 Rauchgasvolumenstrom

Der jährliche Rauchgasvolumenstrom der Einzelwerke wurde aus dem mittleren stündlichen Rauchgasvolumenstrom und den Betriebsstunden errechnet.

Der *mittlere stündliche Rauchgasvolumenstrom* wurde in 2 Werken aus dem Brennstoffverbrauch berechnet, in den anderen Werken stammen die Werte aus dem Emissionsdatenprogramm. Jedoch ist der Rauchgasvolumenstrom, der dem Emissionsdatenprogramm entnommen werden kann, in den Werken nicht einheitlich definiert. Der Rauchgasvolumenstrom kann am Kamin kontinuierlich gemessen werden und anschließend im Emissionsprogramm z.B.: mit einer konstant angenommenen durchschnittlichen Feuchte korrigiert werden. Die Messung kann aber auch in Form von Messserien im Regelzustand durchgeführt werden, wobei danach ein fixer Wert in den Emissionsrechner eingegeben wird.

Die *Betriebsstunden* sind in den einzelnen Werken ebenfalls unterschiedlich definiert:

- jene Zeit, in der Rohmehl in den Ofen aufgegeben wird
- jene Zeit, in der mehr als xx t/h Rohmehl in den Ofen aufgegeben werden
- jene Zeit, in der Brennstoff aufgegeben wird und mehr als xx % Energie eingetragen wird

An- und Abfahrzeiten sind bei 3 Werken in den Betriebsstunden enthalten, bei den anderen Werken nicht. Die durchschnittliche Dauer für An- und Abfahrvorgänge beträgt 1-4% der jährlichen Betriebsstunden und wird in allen Werken mit konventionellen Brennstoffen (v.a. Erdgas, Heizöl leicht oder extra leicht) und teilweise ohne Saugzug durchgeführt. Wird für die 3 Werke, bei denen die Anfahrvorgänge in den Betriebsstunden enthalten ist angenommen, daß die Betriebsstunden um 2,5% zu hoch angesetzt sind, so ergibt sich für den gesamten Rauchgasvolumenstrom der österreichischen Zementindustrie ein Fehler von etwa 0,5%. D.h. der hier dargestellte jährliche Rauchgasvolumenstrom liegt um etwa 0,5% über dem tatsächlichen Volumenstrom bei der Klinkerproduktion. Dieser Fehler ist sicher geringer als jener, der durch verschiedene Möglichkeiten der Bildung des Jahresmittelwerts und die unterschiedliche Definition der Betriebsstunden und der Bestimmung des stündlichen Rauchgasvolumenstroms resultiert.

Der spezifische Rauchgasvolumenstrom ergibt sich durch Division des Rauchgasvolumenstroms durch die Klinkerproduktionsmenge. Für den spezifischen Rauchgasvolumenstrom ist im BAT Dokument ein Bereich von 1700 bis 2500 m³/t_{Klinker} für alle Ofentypen angegeben. Die Summe der österreichischen Anlagen liegt in diesem, für Zementanlagen, typischen Bereich. Bei einer Einzelwerksbetrachtung zeigt sich, daß der spezifische Rauchgasvolumenstrom im Jahr 2003 in drei Werken über dem BAT Bereich lag.

In Abbildung 15 ist der Rauchgasvolumenstrom aller österreichischen Zementwerke, sowie der spezifischer Rauchgasvolumenstrom dargestellt.

Für die Jahre 2007/10 ist der Rauchgasvolumenstrom bei der minimal abgeschätzten Klinkerproduktion dargestellt. Bei der maximal abgeschätzten Klinkerproduktion würde der Rauchgasvolumenstrom um etwa 0,4% höher liegen. Der spezifische Rauchgasvolumenstrom bezieht sich ebenfalls auf die minimale Abschätzung.

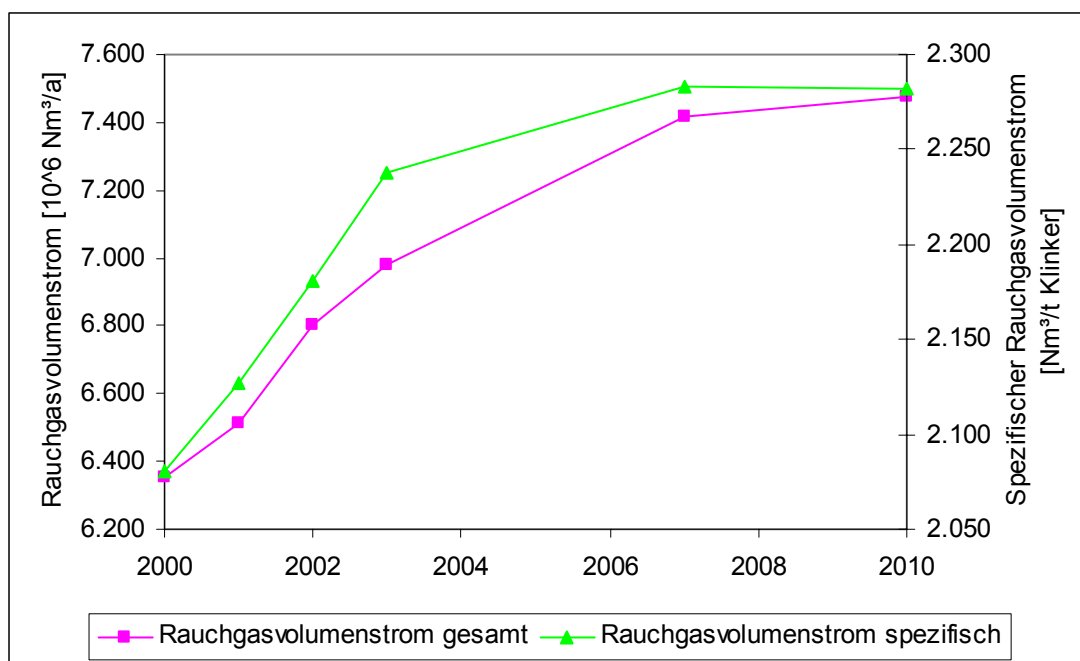


Abbildung 15: Rauchgasvolumenstrom und spezifischer Rauchgasvolumenstrom der österreichischen Zementindustrie

Eine wesentliche Annahme bei den Prognosen ist, daß der spezifische Rauchgasvolumenstrom ab 2003 kaum mehr ansteigen wird. Dies kann einerseits damit begründet werden, daß der Heizwert des Brennstoffmixes konstant gehalten wird und/oder Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz gesetzt werden.

Sollte es in den Jahren 2007/10 zu einer deutlichen Verschiebung in Richtung niederkalorischen Ersatzbrennstoffen kommen, oder weniger Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umgesetzt werden, könnte der spezifische prognostizierte Rauchgasvolumenstrom durchaus um 10% höher liegen.

In diesem Bericht werden für jedes Werk die JMW der Emissionen mit dem Rauchgasvolumenstrom zu Frachten hochgerechnet. In diesen Frachten, die aus dem Normalbetrieb des Ofens stammen sind Emissionen aus den Anfahrvorgängen und während Störungen somit nicht enthalten.

Eine Abschätzung der NO_x Emissionen aus dem nicht regulären Betrieb wurde unter folgenden Annahmen durchgeführt:

- 1-4 % zusätzlich zu den jährlichen Betriebsstunden wird, laut Auskunft der Werke, für An- und Abfahrvorgänge benötigt => für die Abschätzung wurden 4% der jährlichen Betriebsstunden angenommen.
- Die Anfahrvorgänge werden mit konventionellen Brennstoffen und teilweise ohne Saugzug durchgeführt. Der Rauchgasvolumenstrom wurde mit etwa 10-15% des Rauchgasvolumenstroms aus dem regulären Betrieb angegeben => für die Abschätzung wurden 15% angenommen.
- Für die NO_x Konzentration wurde die durchschnittliche jährliche Konzentration aller Werke angenommen.

Unter Zugrundelegung dieser 3 Annahmen ergibt sich eine zusätzliche NO_x Fracht aus dem nicht regulären Betrieb von etwa 25 t/a bzw. rund 0,6%.

3.4 NO_x

NO_x Emissionen können auf 3 Wegen entstehen. Das Brennstoff NO_x wird aus dem Stickstoffgehalt im Brennstoff im Temperaturbereich bis über 800°C, das thermische NO_x aus dem Stickstoff in der Verbrennungsluft ab etwa 1000°C gebildet. Das sogenannte prompte NO_x ist bei der Zementproduktion von untergeordneter Bedeutung. Auf Grund der hohen Arbeitstemperaturen beim Klinkerbrand hat die Bildung von thermischen NO_x den Haupteinfluß.

Der Hauptteil von Stickoxiden, die aus einem Zementwerk emittiert werden, ist NO, der Anteil von NO₂ liegt deutlich unter 5%.

3.4.1 Trend 2000-2003

Die NO_x Fracht und die durchschnittliche NO_x Konzentration der Jahre 2000-2003 aller österreichischen Zementwerke ist in Abbildung 16 dargestellt. Die durchschnittliche Konzentration wurde aus den Jahresmittelwerten der einzelnen Werke, gewichtet mit der Klinkerproduktion dieses Werks, berechnet. Die Jahresmittelwerte sind Auswertungen aus der kontinuierlichen Emissionsmessung der Einzelwerke. Die dargestellte NO_x Fracht wurde HACKL & MAUSCHITZ (2003) entnommen.

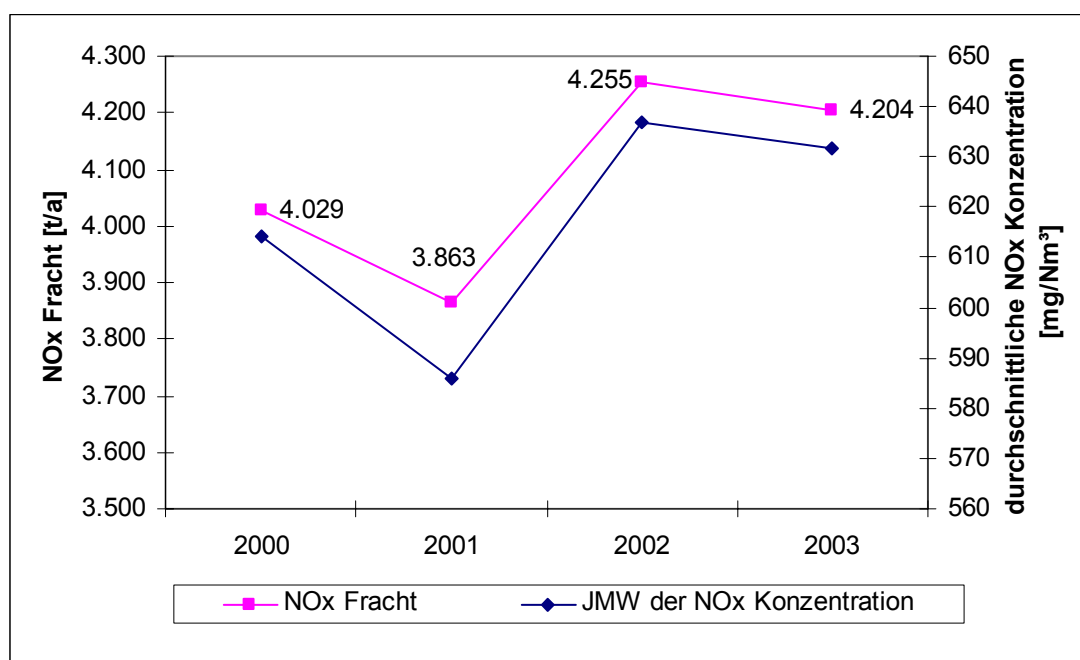


Abbildung 16: NO_x Emissionen (Fracht und durchschnittliche Konzentration JMW) aller österreichischen Zementwerke 2000-2003

Als Datengrundlage für diese Studie wurden bei den österreichischen Zementwerken die mittleren NO_x Jahreskonzentration und die jährlichen Rauchgasvolumenströme (vgl. Kapitel 3.3) erhoben. Diese Erhebung diente der Überprüfung der Konsistenz der Datenreihe und der Verifizierung der Ergebnisse.

Die aus den erhobenen Daten errechnete NO_x Fracht zeigt Abweichungen zu den Frachten der Studie von HACKL&MAUSCHITZ (2003) von weniger als 5%. Diese Abweichung kann auf statistische Gründe bei der Mittelwertbildung zurückgeführt werden. In dieser Studie werden die Frachten aus einer mittleren NO_x Jahreskonzentration und einem mittleren jähr-

lichen Rauchgasvolumenstrom berechnet. Beide Datensätze wurden in den einzelnen Werken erhoben. Die Jahreskonzentration wird i.d.R. durch den Emissionsdatenrechner errechnet. Dazu wird von jedem Tag eine mittlere Konzentration bestimmt und diese zu einer Monats- bzw. Jahreskonzentration gemittelt. Der Mittelwert jedes einzelnen Werks wurde in dieser Studie mit dem Rauchgasvolumenstrom (vgl. Kapitel 3.3) zu einer Fracht hochgerechnet. In der Studie HACKL&MAUSCHITZ (2003) werden Tages-/Monatsfrachten mit den zugehörigen Rauchgasvolumenströmen aus dem Emissionsdatenrechner zu einer Jahresfracht hochgerechnet.

Die NO_x Fracht der Jahre 2000-2003 hat keinen Einfluß auf die Ergebnisse dieser Studie, da die Minderungspotentiale auf Frachten der Prognose bezogen sind.

Die minimalen und maximalen Jahresmittelwerte (Konzentrationen) aus der Gesamtheit der Werke sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Halbstundenmittelwerte schwanken zwischen < 100 mg/Nm³ (bei einem Werk mit niedrigem Ausgangsniveau und SNCR Versuch) und < 2.100 mg/Nm³ (Extremwert bei einem technischen Gebrechen). I.d.R. liegen die Halbstundenmittelwerte zwischen 600 und 800 mg/Nm³.

Tabelle 1: Minimale und Maximale NO_x Jahresmittelwerte der österreichischen Zementindustrie

	2000	2001	2002	2003
JMW min. [mg/Nm ³]	321	251	240	335
JMW max. [mg/Nm ³]	756	859	754	822

Aufbauend auf den hier dargestellten Werten der Jahre 2000-2003 werden ab Kapitel 3.4.5 Prognosen für NO_x Emissionsfrachten der österreichischen Zementindustrie erstellt.

3.4.2 Maßnahmen zur NO_x Reduktion bis 2003

Zur Erreichung der in Kapitel 3.4.1 hier dargestellten mittleren JMW wurden von den einzelnen Werken unterschiedliche Maßnahmen zur NO_x Minderung getroffen bzw. getestet, wobei eine Kombination verschiedener Maßnahmen durchaus möglich ist. Die Maßnahmen sind nachfolgend beschrieben und soweit als möglich durch Erfahrungen der einzelnen Werke ergänzt.

Einbringung von NO_x Reduktionsmitteln kurz vor dem Drehrohr: In 2 österreichischen Werken wurde versucht, durch den Einsatz von möglichen Reduktionsmitteln in fester Form, die NO_x Emissionen zu mindern.

In einem Werk wurde versucht durch das Einbringen von Spezialkalk die NO_x Emissionen zu senken. Diese Versuche ergaben keine signifikanten Änderungen der NO_x Konzentration. Allerdings stieg durch die Inhaltsstoffe im Spezialkalk die Temperatur im Wärmetauscher an und es kam zur vermehrten Bildung von Ansätzen, wodurch kein stabiler Ofenbetrieb möglich war.

In einem anderen Werk wurde die Eindüsung von Harnstoffpellets versucht. Dabei stellte sich das Problem der gleichmäßigen Verteilung von festen Stoffen im Rauchgaskanal und das Finden der richtigen Eindüsstelle.

Diese Versuche wurden wieder eingestellt.

Einsatz von Ersatzbrennstoffen: In 2 Zementwerken wurde eine Minderung der NO_x Emissionen durch den Einsatz von Ersatzbrennstoffen, vorwiegend Kunststoffe, aufbereitete Substitutbrennstoffe oder Holzstaub, gegenüber Kohle, Petrolkoks beobachtet. Diese Minderung könnte einerseits auf die Verminderung des Brennstoffstickstoffeintrags und andererseits auf die eingebrachte Feuchte zurückzuführen sein. Durch den Einsatz von Kunststoffen anstelle von Kohle betrug die NO_x Reduktion in einem Werk zwischen 12 und 18 %.

Flammenkühlung: Zur Flammenkühlung wird Wasser in das Drehrohr eingedüst, wodurch die Temperatur der Flamme sinkt und es zu einem Rückgang der NO_x Emissionen kommt. Die Eindüsung des Wassers in das Drehrohr erfolgte und erfolgt in den österreichischen Werken an den unterschiedlichsten Stellen; direkt am Ofenkopf neben dem Brenner, direkt über den Brenner, gemeinsam mit bestimmten Brennstoffen durch den Brenner oder mittels eigener Lanze. Durch die Eindüsung von Wasser kommt es zu einer höheren Abgasmenge (etwa 2 %¹), wodurch der Energie- und Strombedarf ansteigt. Durch die Temperaturabsenkung in der Sinterzone kann es aber zu einem instabilen Ofenbetrieb kommen.

Das Verfahren der Flammenkühlung wird in Österreich zur Minderung von NO_x Spitzen eingesetzt, es ist aber nicht für die sichere dauerhafte Einhaltung eines Grenzwerts, der unter 1000mg/Nm³ liegt, geeignet. Die kurzzeitige Minderung der NO_x Emissionen wurde von einem Werk mit etwa 20-50 % angegeben.

Die Investitionskosten hängen von der Art der Wassereinbringung ab und betragen, wenn das Wasser gemeinsam mit einem Brennstoff über den Brennerkanal aufgegeben wird etwa 2.000 Euro.

Gestufte Verbrennung: Das in der Hauptfeuerung gebildete NO kann gemindert werden in dem im Kalzinator durch Brennstoffzugabe zunächst eine reduzierende Atmosphäre geschaffen wird, in der NO durch Reaktionen mit z.B.: unverbrannten Kohlenwasserstoffen oder CO zu molekularem Stickstoff reduziert wird. Die Sauerstoffzufuhr kann aufgrund des Anstiegs der CO Emissionen aber nicht beliebig reduziert werden. In einer weiteren Stufe erfolgt der Ausbrand der Abgase unter Luft- und gegebenenfalls weiterer Brennstoffzugabe [VDI, 2001].

In einem österreichischen Werk wird das Prinzip der gestuften Verbrennung (multi stage combustion) angewandt. Das Verfahren wurde mit der Erneuerung des gesamten Wärmetauscherturms und dem Einbau eines Kalzinators realisiert. Gleichzeitig wurde ein Brennerwechsel vorgenommen. Durch dieses Maßnahmenpaket wurden die Emissionen von 1.200 auf 800 mg/Nm³ gesenkt.

Low NO_x Brenner: Bei Low NO_x Brennern wird die Bildung von thermischen NO_x durch eine reduzierende Atmosphäre im heißesten Teil der Flamme gemindert. Der Ausbrand erfolgt über die im weniger heißen Teil zugegebene Mantelluft.

In den österreichischen Zementwerken sind Brenner in Betrieb, durch die verschiedene Brennstoffe mit gleichzeitig dosierter Förderluftmenge verbrennen. Durch diese Bauweise kommt es zu einer Minimierung der Förderluftmenge, wobei die optimale Verbrennung und Flammenform eingestellt werden können.

Von einem Werk wurde eine Minderung der NO_x Emissionen von 660 auf 600 mg/Nm³ JMW angegeben, von einem anderen gleichbleibende Emissionen.

¹ 2% ist die Angabe eines österreichischen Zementwerkes

Die angegebenen Investitionskosten bewegen sich in einem Bereich von 110.000 bis 327.000 Euro. Betriebskosten, inkl. Reparatur, Wartung, Ersatzteile, wurden von einem Werk mit etwa 8.600 Euro pro Jahr angegeben.

System zur Flammenoptimierung: Bei diesem System handelt es sich um eine Softwarelösung. Durch Infrarotkameras wird die Temperaturverteilung gemessen und ein Thermographiebild erstellt. Andererseits wird die Ofenstrahlung gemessen und über mathematische Modelle der Freikalkanteil bestimmt. Auf Grund der kontinuierlichen Online Bestimmung des Freikalks kann ein an den Prozess angepasster Energieeintrag durchgeführt werden. Die Veränderung der Brennstoffzufuhr kann einerseits durch das Betriebspersonal erfolgen oder rechnergestützt. [ZKG, 2001].

Vergleichmäßigung des Rohmehls: Durch Homogenisierung des Rohmehls können naturbedingte Schwankungen etwas ausgeglichen werden und es kommt zu einer Reduktion der NO_x Emissionen. Von einem Werk wurde ein Rückgang von 859 auf 754 mg/Nm³ (JMW) angegeben. Die Investitionskosten für den Umbau von zwei bestehenden Silos auf die Befüllung mit Rohmehl und der zugehörigen Dosiereinrichtung beliefen sich auf etwa 60.000 Euro. Zusätzlich entstehen rund 5.000 Euro pro Jahr an Betriebskosten.

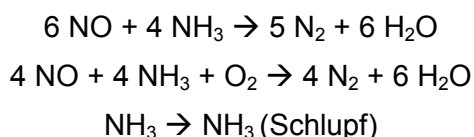
SNCR: In einem österreichischen Zementwerk wurde 2003 eine SNCR Anlage in Betrieb genommen (vgl. Kapitel 3.4.3).

3.4.3 SNCR als Maßnahme zur NO_x Reduktion

Um den Grenzwert der Abfallverbrennungsverordnung einzuhalten, wird in den österreichischen Zementwerken auf das SNCR Verfahren (Selektive Nicht Katalytische Reduktion) gesetzt. Seit dem Jahr 2003 ist eine SNCR Anlage, mit dem Ziel einen Grenzwert von 800mg/Nm³ einzuhalten, in Betrieb. Versuche wurden in 3 österreichischen Werken durchgeführt.

Einige Werke planen zusätzlich die Umsetzung von Maßnahmen, die bereits in Kapitel 3.4.3 beschrieben sind.

Das **SNCR Verfahren** soll laut Betreiberangaben zusätzlich zu den bereits getroffenen Maßnahmen (Kapitel 3.4.1) installiert werden. Es beruht auf der Umsetzung von eingedüsten NH₃ mit NO des Rauchgases, wobei in Anwesenheit von Sauerstoff (ohne Katalysator) folgende Reaktionen ablaufen:



Diese Reaktionen finden effektiv nur in einem Temperaturfenster von etwa 850 – 1100 °C und bei genügend langer Verweilzeit (> 0,5 sec.) statt. Oberhalb dieser Temperatur wird Ammoniak verbrannt und es entsteht zusätzliches NO; unterhalb von 850°C ist die Reaktion zu langsam und es kommt zu Ammoniakschlupf. Ein geringer Anteil des Ammoniaks durchströmt als Schlupf die Reaktionszone und findet sich im Rohgasstaub und in den Abgasen wieder. Der Schlupf ist umso höher, je überstöchiometrischer die NH₃ Zudosierung erfolgt. Mit steigender Eindüsung nimmt aber wiederum die Effektivität der NO_x Reduktion zu.

Eine Anlage nach dem SNCR Verfahren besteht aus einer Lager- und Dosierstation für das Reduktionsmittel, den Vorrichtungen zur Reduktionsmitteleindüsung und der Reaktionseinheit im Abgasstrom. Vor dem regulären Betrieb einer SNCR Anlage müssen unterschiedliche Fragen, um Teil in Vorversuchen, geklärt werden. Diese Fragen sind beispielsweise:

- Wo liegt das optimale Temperaturfenster und an welchen Stellen soll das Reduktionsmittel eingebracht werden?
- Welcher Reduktionsmittel kann eingesetzt werden und welche Auswirkung sind auf den Schlupf zu erwarten?
- Welche Düsenbauart ist am besten geeignet?
- Wie wirkt sich das mit dem Reduktionsmittel eingebrachte Wasser auf den Prozess aus?
- Wie können die Düsen optimal eingebaut werden, sodaß eine leichte Wartung möglich ist?

In Österreich werden in mehreren Werken, darunter ein Werk, das einen Lepolofen betreibt, SNCR Versuche durchgeführt. Derzeit befindet sich eine Anlage in Dauerbetrieb, in einigen Werken werden Vorversuche durchgeführt und weitere Anlagen sind geplant.

Düsen

Zur Eindüsung des Reduktionsmittels stehen verschiedene Düsenbauformen z.B.: Fächerstrahldüsen, Kegeldüsen, Zweistoffdüsen zur Verfügung. Bei Zweistoffdüsen wird durch Druckluft als Triebmedium eine homogene Vermischung des Reduktionsmittels mit dem Rauchgas gewährleistet. Ein entscheidender Punkt bei der Düsenwahl und Positionierung ist die gleichmäßige Verteilung des Reduktionsmittels über den gesamten Querschnitt im optimalen Temperaturfenster.

Bei den Düsen kann es zu Anpackungen kommen. Aus diesem Grund sollten die Düsen so angeordnet werden, daß sie für Wartungszwecke leicht ein- und ausgebaut werden können.

Ort der NH₃ Einbringung

Als Eindüsstelle beim Klinkerbrand bietet sich der Bereich des Steigschachtes des Zyklonwärmetauschers oder des Kalzinators an. An dieser Stelle ist die Rauchgasgeschwindigkeit am geringsten, es liegt das optimale Temperaturfenster vor und es müssen keine großen Umbauarbeiten durchgeführt werden.

Reduktionsmittel

Bei der Wahl des Reduktionsmittels werden durch die österreichischen Werke durchgehend flüssige Reduktionsmittel bevorzugt. Dabei wurden folgende möglichen Stoffe genannt: Harnstofflösung, Ammoniak, Photoabwässer, Deponiesickerwasser. Welcher Reduktionsmittel tatsächlich eingesetzt wird, wird von der Verfügbarkeit am Markt, wirtschaftlichen Kriterien und von den NO_x Konzentrationen bestimmt werden.

In 4 Werken wurden bereits Versuche mit unterschiedlichen Reduktionsmitteln durchgeführt bzw. sind bestimmte Reduktionsmittel im Einsatz. Die uns zur Verfügung gestellten Informationen können wie folgt zusammengefasst werden:

Harnstoffpellets: Die Eindüsung von Harnstoffpellets ist zur Einhaltung von 800mg/Nm³ geeignet, nicht aber für 500 mg/Nm³. Das Hauptproblem bei der Verwendung von festen Stoffen liegt in deren gleichmäßigen Verteilung im Steigschacht und dem hohen NH₃ Schlupf. Bei den durchgeführten Versuchen war die erreichte NO_x Reduktion gering.

Photochemikalien: Der Ammoniakgehalt in Photochemikalien kann sehr gering sein, und lag bei einem Teil der Versuche, die einem Werk durchgeführt wurden, bei kleiner 2%. Durch die Eindüsung dieser Photochemikalien war, auf Grund des niedrigen Ammoniakgehalts, das Abschneiden von Emissionsspitzen nicht möglich.

Harnstofflösung: Beim Einsatz einer 40 gew.% Harnstofflösung, kann diese kurz vor der Einbringung in den Steigschacht des Wärmetauscherturms, je nach benötigter Reduktionsmittelkonzentration noch mit Wasser verdünnt werden. Damit kann der $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ Gehalt gut an die vorherrschende NO_x Konzentration angepasst werden.

Die Menge des benötigten Reduktionsmittels wurde von einem Anlagenhersteller wie folgt angegeben:

- bei einer Reduktion von $1.400 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$ auf $800 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$:
2,4 kg Harnstoff / kg NO_x (Garantierwert)
1,6 kg Harnstoff / kg NO_x (Erwartungswert)
- bei einer Reduktion von $1.400 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$ auf $500 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$:
3,6 kg Harnstoff / kg NO_x (Garantierwert)
1,8 kg Harnstoff / kg NO_x (Erwartungswert)

Kosten

Die Investitionskosten einer SNCR Anlagen wurden von den Werken im Bereich von 300.000-800.000 Euro angegeben. Die Kosten einer bereits errichteten Anlage liegen am oberen Rand dieses Bereichs. Die Investitionskosten beinhalten die benötigte Regeltechnik, den Lagertank für das Reduktionsmittel, Pumpen und Düsen.

Der Bereich für die Betriebskosten ergibt sich aus Angaben eines Werks, in dem eine SNCR Anlage bereits in Betrieb ist, und Schätzungen eines anderen Werkes und liegt zwischen 0,36 und 0,73 Euro/ t_{Klinker} .

Einfluß der NO_x Minderung auf die NH_3 Emissionen

Von allen Werken wurde das Problem der steigenden NH_3 Emissionen durch das SNCR Verfahren genannt. In Kapitel 3.5 werden die derzeitigen und erwarteten NH_3 Emissionen, ihre Ursachen und mögliche Wechselwirkungen mit der NO_x Minderung dargestellt.

3.4.4 SCR als Maßnahme zur NO_x Reduktion

Im BAT Dokument ist im Kapitel 5 eine Split view enthalten. Es wurde von Teilen der technischen Arbeitsgruppe (TWG) SCR, mit zugehörigen Emissionswerten von $100\text{-}200\text{mg}/\text{Nm}^3$ ebenfalls als BAT angesehen.

Von der österreichischen Zementindustrie wird SCR nicht als Stand der Technik angesehen. Die größten Probleme stellen das geeignete Katalysatormaterial, die Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit der Anlagen dar.

Das SCR Verfahren ist nachfolgend beschrieben, Versuchsergebnisse aus österreichischen Pilotanlagen und Daten einer Betriebsanlage in Deutschland sind dargestellt.

Bei **SCR** (Selektive katalytische Reduktion) **Anlagen** wird das Rauchgas bei einer Temperatur von etwa $250\text{-}450^\circ\text{C}$ mit Hilfe eines Katalysators und eines Reduktionsmittels zu elementarem Stickstoff und Wasserdampf umgesetzt. Durch den Katalysator sind hohe Umsätze

bei geringen Verweilzeiten möglich. SCR Anlagen können in Rohgasschaltung und Reingasschaltung realisiert werden.

Reingasschaltung: In der Zementindustrie ist, im Gegensatz zu anderen Industriesektoren, wie z.B.: Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen, Glasanlagen, noch keine SCR Anlage in Reingasschaltung realisiert. In der Reingasschaltung werden die Abgase vor der Entstickung entstaubt und müssen anschließend auf die für die Entstickung benötigte Temperatur wieder aufgeheizt werden. Zur Wiederaufheizung würden sich, wie in anderen Sektoren, Wärmeverschiebesysteme anbieten. Laut Betreiberangaben stehen in Zementwerken dazu jedoch keine Wärmemengen zur Verfügung. Zum Einen wird das Abgas aus dem Drehrohr zur Rohmehltrocknung eingesetzt, zum Anderen wird von einzelnen Werken beispielsweise Fernwärme ausgekoppelt oder werden einzelne Brennstoffe getrocknet bzw. sollen zukünftig getrocknet werden. Betreiberangaben zu Folge, würde diese ausgekoppelte „Energiequalität“ für eine Wiederaufheizung auch nicht ausreichen. Würde zur Wiederaufheizung Fremdenergie zum Einsatz kommen, wären neben den höheren Betriebskosten auch zusätzliche Abluftmengen und CO₂ Emissionen zu erwarten. Der niedrige Staubgehalt bringt aber den Vorteil, daß weniger Katalysatorgifte in die SCR Anlage eingebracht werden würden.

Rohgasschaltung: In der Zementindustrie ist weltweit eine SCR Anlage in Rohgasschaltung in Betrieb und in Österreich wurden Versuche mit derartigen Anlagen durchgeführt. Bei der Rohgasschaltung ist der Katalysator im feststoffbeladene Abgasstrom im richtigen Temperaturfenster angeordnet, wodurch eine Wiederaufheizung entfallen kann. Diesem Vorteil sowie der geringeren Gasmenge vor dem Filter steht der Nachteil der hohen und teilweise stark schwankenden Staubgehalte (bis zu 100 g/m³) gegenüber. Mögliche Probleme sind z.B.: Verstopfung, Katalysatorabtrag, Vergiftung durch Schwermetalle und Phosphorverbindungen.

Nachfolgend werden Ergebnisse aus SCR Versuchen in Österreich, sowie Erfahrungen aus der Planung, Entwicklung und dem Betrieb der SCR Anlage in Solnhofen dargestellt.

Ergebnisse aus SCR Versuchen in Österreich

Die wesentlichen Eckdaten der SCR Versuche in 3 österreichischen Zementwerken sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: SCR Versuche in Österreich

Anlage	1	2	3
Anlagentechnik	Lepolverfahren	Wärmetauscher	Wärmetauscher
Versuchszeitraum	04/1999 – 07/2000	04/1997 – 12/1998	09/1996 – 12/1998 (6000 Betriebsstunden)
Größe des Teilgasstroms [m ³ /h]	1500	1500	3500
Art der Schaltung	Rohgas	Rohgas	Rohgas
Art des Katalysators	Plattenkatalysator	Wabenkatalysator	
Durchströmung	Von oben nach unten	Von oben nach unten	
Reduktionsmittel	Ammoniakgas	Ammoniakgas	Ammoniakgas

Anlage	1	2	3
Restaktivität nach etwa 2200/5400 Betriebsstunden [%]	~44/~27%	~83/~60	92
Größtes Problem	Anreicherung wasserlöslicher Natrium- Kaliumsalze	Thalliumanreicherung und mechanische Schädigung des Katalysatormaterials	Anlagenverfügbarkeit
Durchschnittliche NOx Emissionen [mg/Nm ³]	k.A.	k.A.	100mg/Nm ³ ; 200mg/Nm ³ als HMW sicher eingehalten NH ₃ < 5

In Werk 2 zeigte sich im Laufe des Versuches starke Anreicherung von Thallium am Katalysator, die von der Anlagenbaufirma als Hauptursache für der Verlust der Katalysatoraktivität ermittelt werden konnte. Die Thalliumkonzentrationen in den eingesetzten Roh- und Brennstoffen dieses Werkes liegen durchwegs innerhalb der literaturbekannten geochemischen bzw. chemischen Bandbreite, was auch durch emissionsseitige Beurteilungen bestätigt werden konnte. Am Ende des Versuches war der Katalysator am Einlauf deutlich geschädigt. Der gesamte Katalysator zeigte feine Risse quer zur Katalysatorlängsachse, die die mechanische Festigkeit reduzierten. Die Ursache für die Risse konnte nicht geklärt werden.

In Werk 1 wurde vermutet, daß es auf Grund von Taupunktsunterschreitungen während der An- und Abfahrvorgänge des Ofens zu Kondensationseffekten in der Katalysatoranlage kam, wodurch die im Staub vorhandenen Salze gelöst wurden. Nach Installation einer Standheizung zeigten sich allerdings die gleichen Effekte und die Katalysatoraktivität nahm durch den hohen Kalium- und Natriumgehalt in gleicher Weise ab. Nach Beendigung der Versuche waren am Katalysator keine Erosionserscheinungen oder Materialabtragungen erkennbar.

Die Ergebnisse aus dem 3. Werk und generelle Erfahrungen aus dem Up Scaling von SCR Anlagen lassen den Schluß zu, daß eine weitgehende Reduktion der NOx Emissionen aus Zementöfen mit SCR möglich ist, wobei die technische Machbarkeit noch um eine ganzheitliche ökologische und ökonomische Betrachtung erweitert werden müsste [BACHER & GULAS, 1998]. Allerdings war die Anlagenverfügbarkeit für eine großtechnische Umsetzung des Verfahrens zu gering [Zitat: SECKLEHNER, 2004].

Ergebnisse mit SCR in Deutschland

Im deutschen Zementwerk Solnhofen wurden in einem Teilgasstrom einer Pilotanlage, in der 4 Katalysortypen gleichzeitig getestet werden konnten, zahlreiche Versuche mit unterschiedlichen Katalysatormaterialien durchgeführt. Untersucht wurden Waben- und Plattenkatalysatoren mit verschiedenen Kanalweiten hinsichtlich ihrer Druckverlusteigenschaften, Staubablagerungen, NOx Abbaus, NH₃ Schlupf, Reinigungsintervalle. Aufbauend auf den Ergebnissen der Pilotanlage wurde die **Betriebsanlage** gebaut, deren Katalysator im Jahr 2003 bereits 18.000 Stunden im Einsatz war.

Erkenntnisse aus der SCR Anwendung, Pilot- und Betriebsanlagen

Verstopfungen: Die hohe Staubbelastung in der **Rohgasschaltung** führte sowohl bei den österreichischen Versuchen, als auch bei der Anlage in Deutschland zu anfänglichen Verstopfungserscheinungen. Durch periodische Staubabscheidung oder Rußbläser konnte jedoch in allen Fällen ein störungsfreier Betrieb erreicht werden.

Ammonsulfatverbindungen: Durch unvollständige Reaktion des Ammoniaks und durch Oxidation von SO_2 zu SO_3 am Katalysator können Ammonsulfatverbindungen entstehen. In Zementwerksabgasen wird durch die Anwesenheit von Kalziumverbindungen die Bildung von Ammoniumsulfat unterdrückt und die Bildung von CaSO_4 bevorzugt. Dadurch sind die Anpackungen in Zementwerken geringer als beispielsweise in Kraftwerken.

Ammoniak: Durch SCR Anlagen kann der im Rohmaterial enthaltene Ammoniak zur Reduktion der Stickoxidemissionen genutzt werden. Der NO_x Abbau ist von der Stöchiometrie NH_3/NO_x abhängig. Durch die Einstellung der vorgegebenen Stöchiometrie und dem NO_x Sollwert kann durch Regelung der Ammoniakzudosierung beliebig NO_x mit sehr geringem NH_3 Schlupf abgebaut werden [HAUG et.al. 2002] In der Anlage in Deutschland liegen die NH_3 Emissionen bei $< 1\text{mg}/\text{Nm}^3$. In einem österreichischen Versuch wurden Emissionen $< 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ erreicht und es konnte keine Anreicherung von Ammoniumverbindungen im Staub nachgewiesen werden.

SO_2 : In Versuchen, als auch in der Anlage in Solnhofen konnte eine starke Abnahme der SO_2 Konzentration im Abgas festgestellt werden.

Katalysatormaterial: Der hohe Gehalt an „Katalysator Giften“ in den Stäuben bei der Rohgasschaltung, kann zu Verschleiß und Gefahr der raschen Inaktivierung des Katalysators führen. Deshalb kommt dem richtigen Katalysatormaterial die zentrale Bedeutung zu. Im Zementwerk Solnhofen wurden zahlreiche Materialien getestet. Die Versuche in den österreichischen Werken haben gezeigt, daß auf diesem Gebiet Forschungs- und Versuchsbedarf gegeben ist. Da die Zusammensetzung der Stäube von der chemischen Zusammensetzung des Rohmehls, der eingesetzten Abfälle und Brennstoffe beeinflusst wird, kann eine Übertragbarkeit von einem für ein Werk geeignetem Katalysatormaterials (in Rohgasschaltung) auf andere Gegebenheiten nicht zwangsläufig angenommen werden. In **Reingasschaltung** ist der Staubgehalt deutlich geringer, jedoch liegen noch keine Versuchsergebnisse aus der Zementindustrie vor.

3.4.5 Szenario A: keine zusätzlichen Minderungsmaßnahmen

In Szenario A wird davon ausgegangen, dass es in den einzelnen Werken zu keiner Änderung der NO_x Konzentration kommt, d.h. es werden die Jahresmittelwerte von 2003 für die Jahre 2007 und 2010 fortgeschrieben (BAU ohne Maßnahmen). Änderungen gegenüber 2003 bestehen bei einigen Werken aber in der Klinkerproduktion und der Art der eingesetzten Abfällen, die auch eine Änderung des jährlichen Rauchgasvolumenstroms zur Folge haben. Abbildung 17 zeigt die daraus resultierenden NO_x Emissionen für 2007/10.

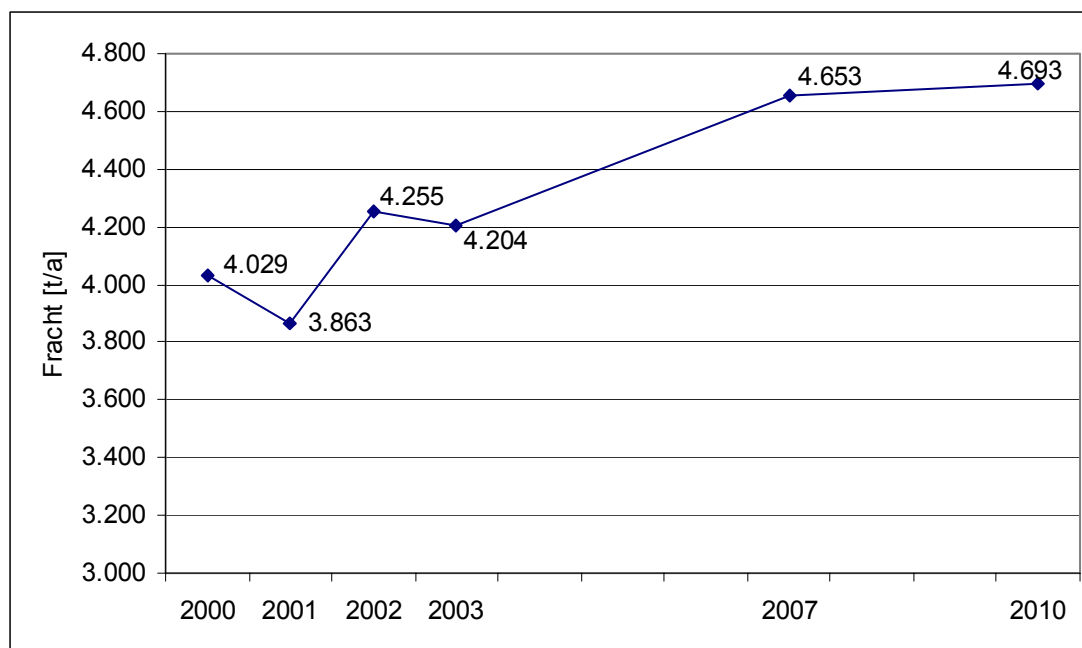


Abbildung 17: NO_x Emissionen 2000-2010 unter Fortschreibung der Minderungsmaßnahmen mit Stand 2003

3.4.6 Szenario B: Grenzwert der Abfallverbrennungsverordnung

Für österreichische Zementanlagen, die keine Abfälle einsetzen sind die Emissionen in die Luft durch die Verordnung für Anlagen zur Zementerzeugung BGBl. Nr. 63/1993 geregelt. Beim Einsatz von Abfällen kommen die Verordnung über die Verbrennung von gefährlichen Abfällen BGBl. II Nr. 22/1999 und die Verordnung über die Verbrennung gefährlicher Abfälle in gewerblichen Betriebsanlagen BGBl II Nr. 32/1999 zur Anwendung.

Gemäß den beiden Verordnungen über die Verbrennung gefährlicher Abfälle gilt für Neuanlagen ein NO_x Emissionsgrenzwert von 500 mg/Nm³, für Altanlagen seit dem 1.1.2002 ein Grenzwert von 800mg/Nm³. Für Altanlagen gilt ab dem 1.1.2007 ein NO_x Grenzwert von 500 mg/Nm³, wobei gemäß den beiden Verordnungen der Grenzwert von 500 mg/Nm³ bis 31.12.2003 nach Maßgabe der technischen Machbarkeit und des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit durch die Ministerien zu überprüfen ist.

Im Jahr 2002 wurde in Österreich die europäische Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen (2000/76/EG) durch die Abfallverbrennungsverordnung BGBl. II Nr. 389/2002 umgesetzt. Bestehende Anlagen, in denen Abfälle eingesetzt werden, müssen dieser Verordnung ab dem 28.12.2005 entsprechen, wobei für u.a. für NO_x Emissionen Ausnahmen für Altanlagen bis 31.10.2007 vorgesehen sind. Ab Ende 2005 ist ein NO_x Grenzwert von 800 mg/Nm³, ab dem 31.10.2007 von 500 mg/Nm³ als Halbstunden- und

mg/Nm³, ab dem 31.10.2007 von 500 mg/Nm³ als Halbstunden- und Tagesmittelwert einzuhalten.

Durch die Abfallverbrennungsverordnung wurden auch die beiden Verordnungen über die Verbrennung gefährlicher Abfälle (BGBl. II Nr. 22/1999 und BGBl. II Nr. 32/1999) geändert. Beide Verordnungen treten mit Ablauf des 27.12.2005 außer Kraft; das heißt, dass in Zementanlagen, in denen Abfälle eingesetzt werden, die Grenzwerte der Abfallverbrennungsverordnung eingehalten werden müssen.

Im Jahr 2003 lag der Jahresmittelwert eines Zementwerks über 800 mg/Nm³, und von 2 weiteren Werken nur knapp unter 800mg/Nm³.

Abbildung 18 zeigt einerseits die NO_x Fracht, wenn für 8 Zementwerke eine NO_x Konzentration von 500 mg/Nm³ als Jahresmittelwert angenommen wird. In einem Werk lagen die Jahresmittelwerte 2000-2003 deutlich unter 500 mg/Nm³. Bei diesem Werk wurden die tatsächlichen Emissionen fortgeschrieben. Die Jahresmittelwerte wurde mit dem Rauchgasvolumenstrom auf die Fracht hochgerechnet. Zusätzlich ist im Diagramm für die Jahre 2007 und 2010 ein Potential dargestellt. Dieses Potential stellt die Frachtminderung von Szenario A (BAU ohne zusätzlichen Maßnahmen) zu Szenario B (BAU mit gesetzlichen Maßnahmen) dar.

Dabei ist anzumerken, daß zur garantierten Einhaltung eines Grenzwertes von 500mg/Nm³ als Halbstunden- und Tagesmittelwert Emissionen von 400-450 mg/Nm³ angestrebt werden müssen. Im Szenario B wurde mit einem Jahresmittelwert von 500mg/Nm³ gerechnet.

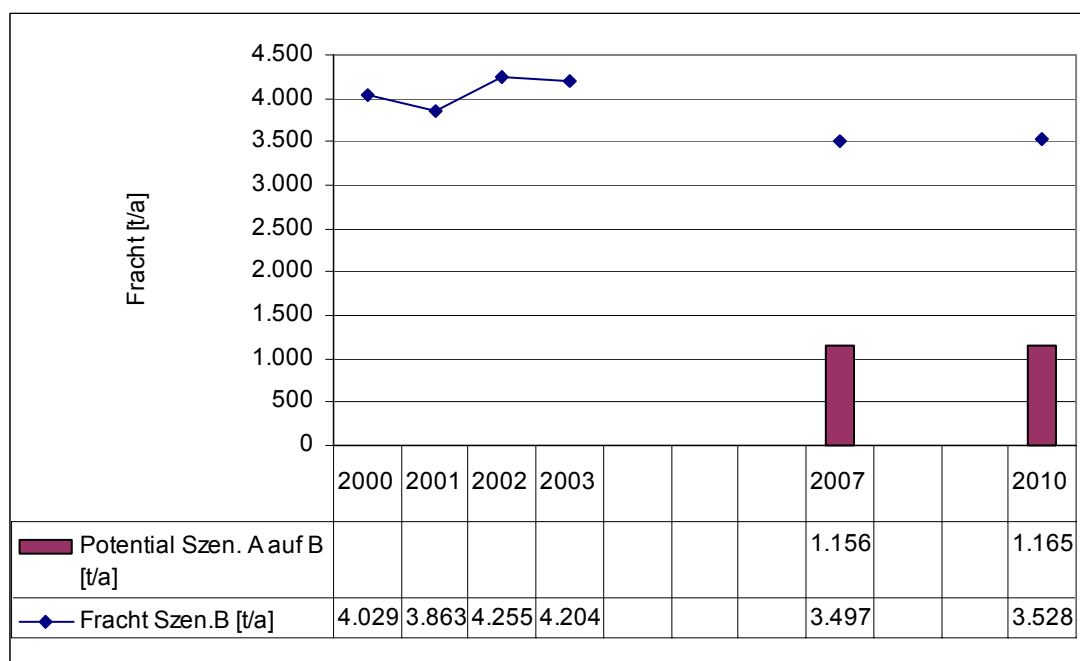


Abbildung 18: NO_x Fracht der österreichischen Zementindustrie bei einem NO_x JMW von 500mg/Nm³ und das Minderungspotential gegenüber Szenario A (BAU ohne Maßnahmen)

3.4.7 Szenario C/1: NO_x Fracht durch Optimierung der SNCR Anlage

Durch die Optimierung des SNCR Verfahrens wird in einigen Werten von einer weiteren Reduktion der Emissionen (<500mg/Nm³) ausgegangen. Bis zum Jahr 2010 wurden die möglicherweise erreichbaren NO_x Konzentrationen wie in Tabelle 3 angegeben. Bei diesen Zahlenwerten handelt es sich bei den meisten Werken um vorsichtige Schätzungen. Im Laufe der Versuchsbetriebe und Echtzeitbetriebe der SNCR Anlagen in den einzelnen österreichischen Zementwerken, werden sich neue Erkenntnisse und der Einfluß der werkspezifischen Situation auf den NH₃ Schlupf, sowie weitere Optimierungspotentiale ergeben.

Tabelle 3: Prognostizierte NO_x Konzentration (JM_W) im Jahr 2010

Mögliche Konzentration [mg/Nm ³] mit dem SNCR Verfahren	Anzahl Werke
250-350	4
400-450	5

Aus den Angaben für 2010 (Tabelle 3) und den von den Werken für 2007 angestrebten Werten, ergibt sich die in Abbildung 19 dargestellte Fracht für die Jahre 2007 und 2010. Zusätzlich ist in dieser Abbildung das Minderungspotential gegenüber Szenario A (keine zusätzliche Minderung) und das Minderungspotential gegenüber Szenario B, der Einhaltung von 500mg/Nm³ der Abfallverbrennungsverordnung dargestellt. Wie aus Tabelle 3 entnommen werden kann, werden die NO_x Konzentrationen von 5 Werken so angenommen, daß keine Minderung über die Abfallverbrennungsverordnung hinaus erreicht wird. (Um einen Halbstunden- und Tagesmittelwert von 500mg/Nm³ gesichert einhalten zu können, sind, laut Werksangaben, durchschnittliche Emissionen von 400-450 mg/Nm³ nötig.)

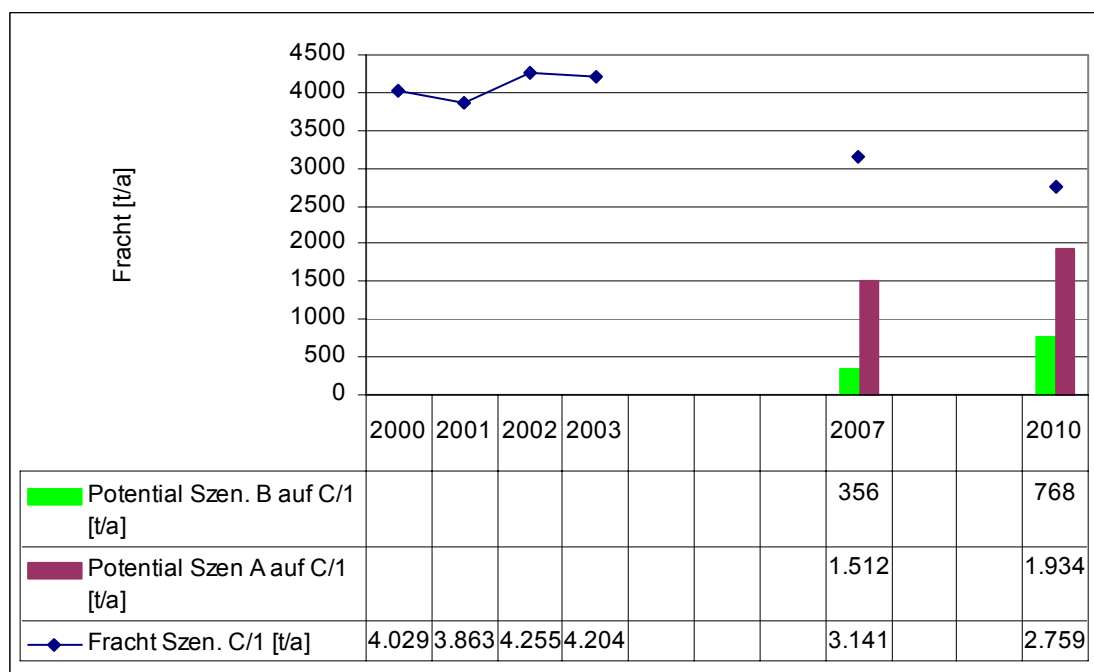


Abbildung 19: NO_x Fracht der österreichischen Zementindustrie, die bei Optimierung der installierten und geplanten Minderungsmaßnahmen erreicht werden soll sowie die Minderungspotentiale

3.4.8 Szenario C/2: Einhaltung von 300mg/Nm³

Im BAT Dokument wird durch Kombination von Primärmaßnahmen und SNCR 200-500mg/Nm³ als BAT Bereich angegeben. Von 3 österreichischen Werken wird die Einhaltung eines Emissionsniveaus von ≤ 300 mg/Nm³ als JMW mit SNCR als möglich erachtet.

Das Niveau des NH₃ Schlupfes und dessen Bewertung kommt dabei die wesentliche Bedeutung zu. In Szenario C/2, das in Abbildung 20 dargestellt ist, wurde angenommen, daß im Jahr 2010 in allen 9 österreichischen Werken 300 mg/Nm³ als JMW erreicht werden kann. Für das Jahr 2007 wurden die Werte (emittierte Fracht und Minderungspotential) aus Szenario C/1 übernommen.

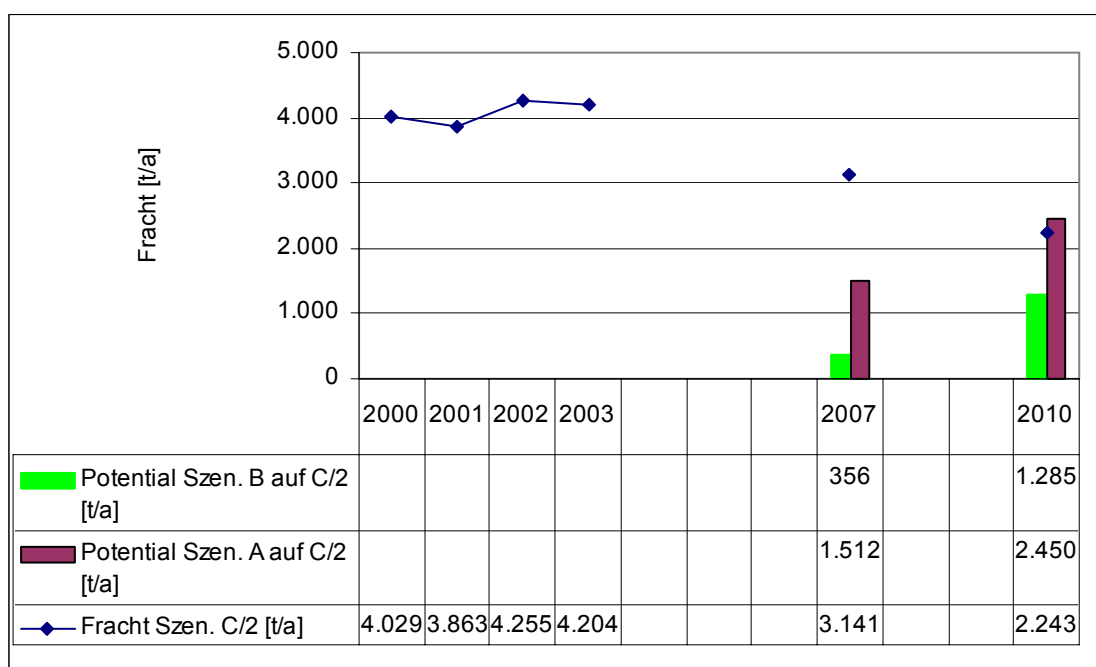


Abbildung 20: NO_x Fracht der österreichischen Zementindustrie, die bei Einhaltung von 300mg/Nm³, sowie das Minderungspotential gegenüber Szenario A und B

Bei der Annahme einer NO_x Reduktion auf 300mg/Nm³ in allen Werken, müssen Maßnahmen zur Minderung des NH₃ Schlupfes hohe Priorität haben (siehe auch Kapitel 3.4.6).

3.4.9 Szenario C/3: Erreichung von 200mg/Nm³

Durch den Einsatz von SNCR in Kombination mit Primärmaßnahmen ist im BAT Dokument ein BAT Bereich von 200-500 mg/Nm³ angegeben.

In Abbildung 21 ist die NO_x Fracht, die bei Einhaltung von einem JM_W von 200 im Jahr 2010 emittiert werden würde dargestellt. Zusätzlich ist das Minderungspotential, ausgehend von Szenario A und B dargestellt.

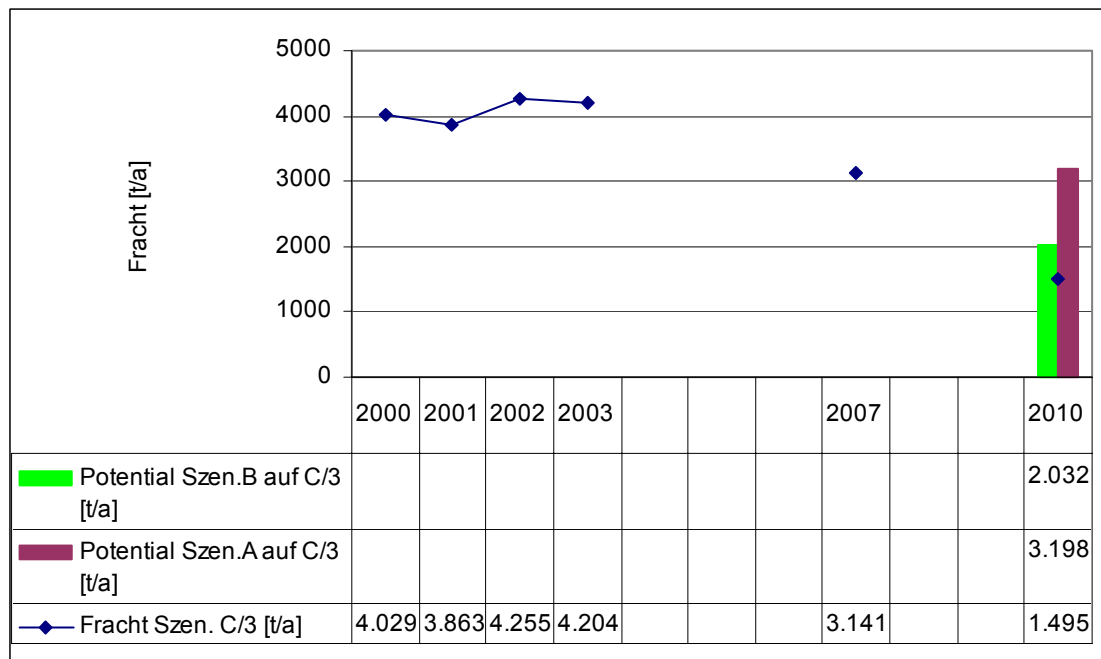


Abbildung 21: NO_x Fracht der österreichischen Zementindustrie, die bei Einhaltung von 200 mg/Nm³, sowie das Minderungspotential gegenüber Szenario A und B

Die Leistungsfähigkeit der SCR Technologie liegt bei Etablierung in einem Sektor deutlich unter 200mg/Nm³; Werte von unter 100 mg/Nm³ werden in einigen Sektoren (Kraftwerke, MVA) erreicht.

3.4.10 Szenario A bis C/3

In Tabelle 4 sind die Frachten und Reduktionspotentiale aller Szenarien zusammengefasst.

Tabelle 4: Frachten und Potentiale der unterschiedlichen Szenarien

Szenario	Fracht [t/a]	Potential gegenüber Szen. A [t/a]	Potential gegenüber Szen. B [t/a]	Fracht [t/a]	Potential gegenüber Szen. A [t/a]	Potential gegenüber Szen. B [t/a]
	2007			2010		
Szenario A (BAU ohne zusätzlichen Maßnahmen) JMW: 600-800mg/Nm ³	4.653			4.693		
Szenario B (BAU mit gesetzlichen Maßnahmen) 500 mg/Nm ³ als HMW und JMW für alle Anlagen ab 31.10.2007	3.497	1.156		3.528	1.165	
Szenario C1: zusätzliche Maßnahmen der Zementindustrie JMW: 250-450 mg/Nm ³	3.141	1.512	356	2.759	1.934	768
Szenario C2: Reduktion auf 300mg/Nm ³	3.141	1.512	356	2.243	2.450	1.258
Szenario C3: Reduktion auf 200mg/Nm ³	3.141			1.495	3.198	2.032

Bei einer Veränderung des Rauchgasvolumenstroms bleibt die Größe des Potentials konstant, allerdings verändert sich die emittierte Fracht.

Für An- und Abfahrvorgänge wurde in Kapitel 3.3 eine zusätzliche maximale NO_x Fracht von etwa 25 t/a bzw. rund 0,6% abgeschätzt.

3.5 NH₃ Emissionen

NH₃ Rohmaterial

Mit den Rohmaterialien werden Stickstoffverbindungen in den Zementofen eingebracht, wobei nur Ammoniumstickstoff (NH₃ bzw. NH₄⁺) von Bedeutung ist. Er verdampft beim Erhitzen und reichert sich an den Stäuben des Ofensystems an. Stickstoffverbindungen finden sich in allen Gesteinen der Erdkruste. In WALTISBERG (1988) wurden für Zementrohmaterialmischungen NH₃ Gehalte zwischen 50 und 150 g/t abgeschätzt. Bei extremen Ammoniumwerten der Tonkomponente wurden Werte bis 250 g/t nicht ausgeschlossen.

NH₃ Messungen im Rohmehl werden in österreichischen Zementwerken vereinzelt, meist in Verbindung mit SNCR Versuchen durchgeführt. In einem Werk schwankten die NH₃ Gehalte im Rohmehl zwischen 24 und 256 g/t, bei einem Durchschnittswert von 142 g/t. Bei einem anderen Wert lag der Wochendurchschnittswert bei 173 ppm, und die Schwankungsbreite im Bereich von 127-245 ppm.

In einem Werk wurden Versuche durchgeführt, um festzustellen ob natürliches NH₃ aus dem Rohmaterial bis in hohe Temperaturzonen vordringen kann und dadurch zur Entstickung genutzt werden kann. Wie bei diesen Versuchen gezeigt werden konnte ist der NH₃ Gehalt im Rohmaterial temperaturabhängig. Bei einer Temperatur von 300°C konnte noch keine Änderung festgestellt werden; bei 500°C bereits eine Halbierung des ursprünglichen Wertes, bei 900°C war kein NH₃ im Rohmaterial mehr nachweisbar.

Einige Werke überlegen zukünftig die Verbrennung von Klärschlamm. Von einem Zementwerk wurde ein durchschnittlicher NH_3 Gehalt im Klärschlamm von bis zu 19.700 g/t angegeben.

NH_3 Emissionen

NH_3 Messungen werden in den österreichischen Werken diskontinuierlich bzw. als stichprobenartige Einzelmessungen durchgeführt. Von einigen Werken stehen Mittelwerte aus Einzelmessungen zur Verfügung, von anderen Einzelmessungen aus dem Direkt- und/oder Verbundbetrieb.

Die Messwerte für den Verbundbetrieb² von 3 österreichischen Zementwerken liegen in Bereichen von <1 bis 10 mg/Nm^3 . Von einem Werk wurden die Emissionen im Direktbetrieb³ mit etwa 50 mg/Nm^3 angegeben.

Einzelmessungen bzw. Messwerte aus diskontinuierlichen Messungen lagen von 4 Werken vor. In zwei Werken lagen die Messungen im Bereich von 14,5 - 17,2 mg/Nm^3 , wobei vereinzelt tiefere Werte von 8-9,5 mg/Nm^3 gemessen wurden. In den beiden anderen Werken lagen die NH_3 Emissionen bei diskontinuierlicher Messung zwischen 3,7 und 5,6 mg/Nm^3 .

Wechselwirkung SNCR - NH_3 Schlupf:

Bei Installation einer SNCR wird zusätzlich zu den oben genannten Werten ein NH_3 Schlupf messbar werden. Die Größe des NH_3 Schlupfes wird durch die Minderungsrate bestimmt. Bei einer Messung in einem Werk lagen beispielsweise die NH_3 Emissionen aus dem Rohmaterial zwischen 3 und 5,6 mg/Nm^3 + 2,4 mg/Nm^3 aus dem NH_3 Schlupf, wobei mit dieser Anlage derzeit NO_x Emissionswerte von < 800 mg/Nm^3 eingehalten werden.

In einem Werk, mit NH_3 Emissionen (diskontinuierliche Messung, 2x jährlich) von 3,7 mg/Nm^3 und einer NO_x Konzentration von rd. 660 mg/Nm^3 (JMW) im Jahr 2003 wird bei einer NO_x Minderung durch SNCR auf Werte < 500 mg/Nm^3 mit einem NH_3 Anstieg auf >10 mg/Nm^3 gerechnet.

Im Rahmen eines Versuchsbetriebes in einem Werk wurden vor Installation einer SNCR Anlage 8,8 bzw. 7,2 mg/Nm^3 NH_3 gemessen; wurde die SNCR Anlage zur Spitzenabdeckung eingesetzt traten NH_3 Emissionen von 15,6 bzw. 18 mg/Nm^3 auf.

Bereits vor rund 10 Jahren wurde in einem Zementwerk ein SNCR Versuch mit einer mobilen Anlage durchgeführt. Das NO_x Ausgangsniveau lag bei 300-400 mg/m^3 und es wurde versucht eine Minderung auf 100 mg/Nm^3 zu erreichen. Der Schlupf lag im Direktbetrieb bei 160-180 mg/Nm^3 , im Verbundbetrieb bei 40-50 mg/Nm^3 . Ein großes Problem stellte der Aufbau eines Ammoniakkreislaufes im Wärmetauscher dar. Trotz des niedrigen Ausgangsniveaus war es in diesen Versuchen nicht möglich NO_x Werte von 200 mg/Nm^3 , bei einem Schlupf von NH_3 <5 mg/Nm^3 einzuhalten. Ein bei dem Versuch aufgetretenes Problem war neben dem NH_3 Schlupf, die starke Anreicherung von NH_3 in den Rohgasstäuben (Stäube des äußeren Kreislaufes) in Form von Ammoniumverbindungen.

Der tatsächliche Einfluß des eingedüsten Reduktionsmittels auf den Schlupf wird sich durch die Inbetriebnahme der SNCR Anlage in den einzelnen Werken zeigen. In Deutschland werden dzt. vom VDZ in einigen Werken ebenfalls Versuche zur Ermittlung des NH_3 Schlupfes

² Abgas aus dem Drehrohr wird über die Mühle geführt

³ im Ofen wird Klinker gebrannt, die Rohmühle ist aber nicht in Betrieb, d.h die Abluft kann nicht über die Mühle geführt werden

in Zusammenhang mit der NO_x Minderung durch SNCR (angestrebte Werte 200 mg/Nm³) durchgeführt.

Minderung der NH₃ Emissionen

Zur Minderung des NH₃ Schlupfes beim SNCR Verfahren dient die Optimierung des Verfahrens nach dessen Installation. Zur Reduktion des Schlupfes wurden uns folgende Maßnahmen genannt:

- Optimierung der Eindüselanlagen: dadurch wird die Dispergierung des Reduktionsmittels im Abgasstrom verbessert
- Optimierung der Regelungstechnik: dadurch kann der Reduktionsmitteleinsatz minimiert werden.
- Einem Werk wurde durch einen Anlagenbauer die kombinierte Installation des SNCR und SCR Verfahrens angeboten. Durch das SNCR Verfahren sollte das NO_x gemindert werden, das SCR Verfahren wäre für die Minderung der NH₃ Emissionen vorgesehen gewesen. Derartige Kombinationen sind aber technisch und wirtschaftlich unrealistisch [Zitat: ÖSTERREICHISCHE ZEMENTINDUSTRIE, 2004]
- Eine effektive Möglichkeit zur Minderung des NH₃ aus dem Rohmaterial und des Schlupfes, bei sinkenden NO_x Konzentrationen, wäre die Installation eines Katalysators (vgl. Kapitel 3.4.9).

3.6 Staub

3.6.1 Staub aus gefassten Quellen

In Zementwerken gibt es zahlreiche gefasste Staubquellen. Die größten Emissionen stammen aus dem Klinkerkühler, der Wärmetauscher und der Rohmehlmühle sowie den Zementmühlen. Darüber hinaus zählen Förderwege, Lagerhallen, Brecheranlagen etc. ebenfalls zu den gefassten Quellen.

Bei den Erhebungen des Umweltbundesamts wurden die Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb und den Zementmühlen gesondert, aller anderen Quellen gemeinsam bei den einzelnen Werken abgefragt.

In Tabelle 5 sind die Filter, die bei den Hauptquellen für Staubemissionen in den österreichischen Zementwerken installiert sind dargestellt. Zum Einsatz kommen i.d.R. Schlauchfilter oder Elektrofilter (ESP). In einem Werk kommt ein Schüttbettfilter zum Einsatz, wobei die Abluft nach dem Schüttbettfilter in einem anderen Prozess weiterverwendet wird. Bei den Schlauchfilter wird das Material der Schläuche je nach Anforderung und Gas-/Staubzusammensetzung ausgewählt.

Tabelle 5: Filterarten bei den Hauptstaubquellen in den österreichischen Zementwerken

Werk	Klinkerkühler	Wärmetauscher /Rohmehlmühle	Zementmühlen*
Vils	3 Kammer ESP	Schlauchfilter	Schlauchfilter
Leube	3 feldriger ESP	1 Stk. 3 feldriger ESP und 1 Stk. 2 feldriger ESP	Schlauchfilter
Kirchdorf	3 feldriger ESP	3 feldriger ESP	Schlauchfilter
Gmunden	-	2 Stk. 2 feldrige ESP in Serie	Schlauchfilter
Wopfing	Schüttbettfilter	2 ESP in Serie	Schlauchfilter
Wiiertersdorf	Schlauchfilter		Schlauchfilter
Peggau	Klinkerkühler + Drehrohr: Schlauchfilter	Rohmehlmühle: ESP	Schlauchfilter
Mannersdorf	3 feldriger ESP	Schlauchfilter	Schlauchfilter
Retznei	3 feldriger ESP	3 feldriger ESP	Schlauchfilter

Die Anzahl der Mühlen und Anzahl der installierten Filter ist werksspezifisch

Kosten

Die Umrüstung auf Schlauchfilter zur Entstaubung der Abgase aus dem Wärmetauscher und der Rohmehlmühle erfolgte erst in den Jahren 2001-2003. Die Investitionskosten für die Umrüstung betragen, in Abhängigkeit des Rauchgasvolumenstroms 1,1 – 2,95 Mio. Euro. Für die Betriebskosten eines Schlauchfilters wurden uns von den Werken Bereiche zwischen 85.000 und 94.000 Euro genannt. Ein Werk plant, für ein Schlauchfilter bei der Zementmühle, die Umrüstung der mechanischen Abreinigung auf eine pneumatische Abreinigung. Die Kosten dafür werden auf 100.000 Euro geschätzt.

Die Kosten für ein 3 Kammer ESP beim Klinkerkühler wurden von einem Werk mit etwa 1,3 Mio. Euro angegeben. Die Betriebskosten dieses ESP belaufen sich auf etwa 17.100 Euro pro Jahr.

Bei den hier angegebenen Betriebskosten ist zu beachten, daß nicht von allen Werken klar definiert wurde, welche Kosten damit abgedeckt sind. Bei den Schlauchfiltern kann davon ausgegangen werden, daß die Kosten für den notwendigen Tausch von Filterschläuchen enthalten sind. Von einem Werk wurden nämlich deutlich niedrigere Kosten (ohne Filterschlauchtausch) angegeben.

Emissionskonzentrationen

Für die Emissionen aus dem **Klinkerkühler** wurden von den Werken mit ESP oder Schlauchfilter durchschnittlich erreichbare Emissionen von $<10\text{mg}/\text{Nm}^3$ angegeben, von zwei Werk mit ESP mit $< 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$.

Die Emissionen aus dem **Wärmetauscher** (Hauptkamin) werden durchgehend kontinuierlich gemessen. Abhängig von der Minderungstechnologie, folgende Werte angegeben.

In zwei Werken, in denen 2 ESP in Serie geschaltet sind, liegen die Emissionen (JMW) bei etwa $10\text{mg}/\text{Nm}^3$. Von einem der beiden Werke wird angegeben, daß mit diesen beiden Filtern garantiert Werte $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ einhaltbar sind.

Von Werken die mit Schlauchfiltern ausgestattet sind, wurden Emissionen (JMW) von derzeit $<5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, von einem Werk mit $<2\text{mg}/\text{Nm}^3$ im Neuzustand angegeben. Jedoch wird, zumindest von einem Werk, erwartet, daß die durchschnittlichen Emissionen bei $10\text{--}15\text{mg}/\text{Nm}^3$ liegen werden.

Die Staubemissionen aus den **Zementmühlen** werden diskontinuierlich, meist in Form von Einzelmessungen nach einem ausgearbeiteten Messplan erhoben. Die Anzahl der Filter und der entstaubte Bereich (nur Mühle, Mühle und Förderband etc.) sind in den einzelnen Werken unterschiedlich. Von den Werken, von denen Emissionen angegeben wurden, lag der JMW eines Werks bei etwa $13 \text{ mg}/\text{Nm}^3$; bei den anderen durchgehend unter $10\text{mg}/\text{Nm}^3$, und bei einem Werk bei etwa $3 \text{ mg}/\text{Nm}^3$.

Neben den hier genannten Filtern werden in den einzelnen Werken weitere Filter betrieben. Hierbei stellt sich in den Werken, in denen nicht nur Zement produziert wird, das Problem der Zurechenbarkeit der Filter zur Zementherstellung. Von einigen Werken wurden die Anzahl der Filter des gesamten Werks, von anderen die Filter, die zum überwiegenden Teil der Zementproduktion zugerechnet werden können angegeben. Die Anzahl der Filter, zusätzlich zu Rohmehlmühle, Wärmetauscher, Zementmühlen liegt bei durchschnittlich 60. Dabei zählen in einem Werk 26 Filter zur Zementproduktion, in einem anderen 86. Diese Filter sind durchgehend Schlauchfilter und werden in den einzelnen Werken durch unterschiedliche Messprogramme überwacht.

Staubfrachten 2000-2003 und Prognosen

Nachfolgend werden die Staubemissionen von 2000-2010 der österreichischen Zementindustrie dargestellt. Die Emissionen aus dem Hauptkamin werden in allen Werken kontinuierlich gemessen und sind somit in hoher Qualität darstellbar. Die Messung der Emissionen aus anderen Filteranlagen erfolgt nach werksspezifischen Messprogrammen und dient vorwiegend der Ermittlung eines eventuell nötigen Filtermediumtausches.

In Abbildung 22 sind die Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb (umfasst i.d.R. Rohmehlmühle und Wärmetauscher) sowie Emissionen aus anderen gefassten Quellen (u.a.: Klinkerkühler, Zementmühlen, Silos, Förderwege) dargestellt.

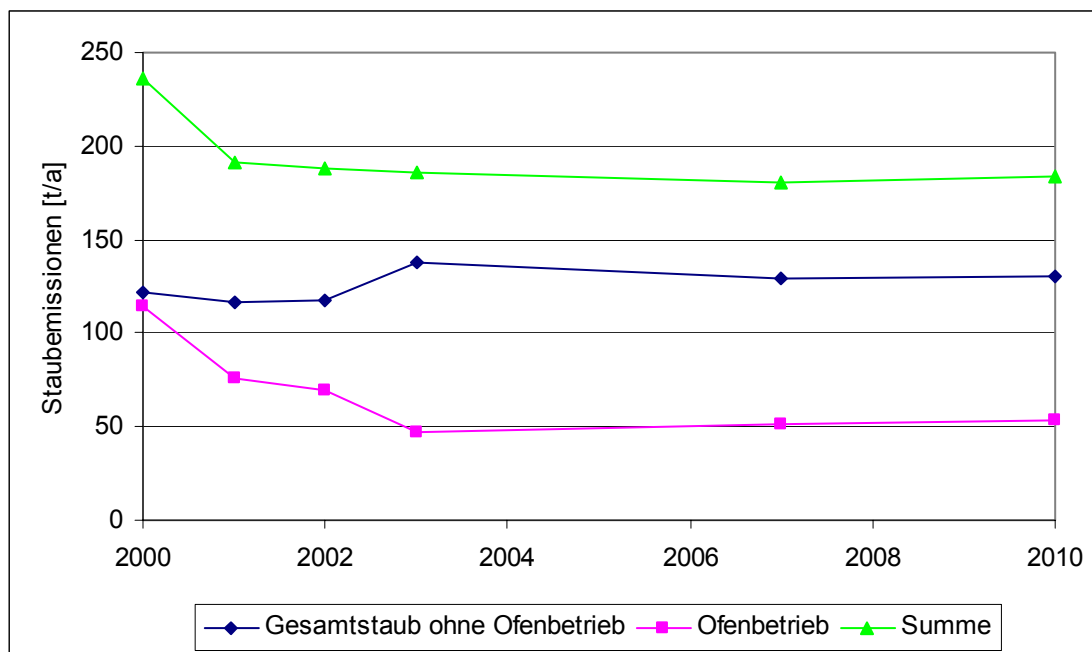


Abbildung 22: Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb und anderen gefassten Quellen

In Abbildung 22 ist bei den Staubemissionen aus dem Ofenbetrieb in den letzten Jahren ein deutlicher Rückgang zu erkennen. Dieser ist in erster Linie auf Verbesserungen bei den Entstaubungseinrichtungen der Ofenlinie zurückzuführen.

Bei den Staub Emissionen aus anderen Quellen liegen die hier angegebenen Werte um etwa 10% über den Werten in HACKL&MAUSCHITZ (2003). Bei diesen Emissionen sind die Unsicherheiten bei der Erfassung (Hochrechnung aus einer Einzelmessung im Zeitabstand bis zu 5 Jahren) bereits sehr hoch und können nur eine größenmäßige Abschätzung darstellen. Bei den Hochrechnungen der Staubemissionen der Mühlen werden in einigen Werken die Staubkonzentrationen und Volumenströme einer Einzelmessung über mehrere Jahre hochgerechnet, ohne das Veränderungen der Produktionsmenge berücksichtigt werden. Unser Ziel war die Erfassung der Staubemissionen aus der Zementproduktion. Tatsächlich konnten aber von einzelnen Werken die Staubemissionen aus der Zementproduktion nicht immer von den Staubemissionen anderer Produkte z.B.: Baustoffe getrennt werden.

PM10 Emissionen

In 2 österreichischen Werken wurden fraktionierende Staubmessungen durchgeführt. Ein Werk ist mit einem Schlauchfilter, ein anderes mit Elektrofilter und Wäscher ausgestattet. Bei diesen Messungen wurden die Fraktionen $>10\mu\text{m}$; $10-2,5\mu\text{m}$ und $<2,5\mu\text{m}$ mit einem Kaskadenimpaktor bestimmt. Bei diesen Messungen zeigte sich, daß bei beiden Entstaubungstechnologien 90-95% der Staubemissionen nach der Abgasreinigung als Partikeln $<10\mu\text{m}$ vorliegen. Der Anteil der Partikel $< 2,5\mu\text{m}$ bewegt sich zwischen 50 und 82 %.

3.6.2 Staub aus diffusen Quellen

In den österreichischen Zementwerken wurden bis dato keine Abschätzungen zur Menge der diffusen Staubemissionen durchgeführt. Die bisher getroffenen bzw. angestrebten Maßnahmen sind in allen Werken ähnlich:

- **Verkehrsflächen:** Befestigung, Reinigung mittels Kehrwagen und eventuell Besprenklung
- **Klinkerlager:** in einigen Werken gibt es Klinkersilos, in anderen Klinkerhallen, da diese zur Lagerung verschiedener Sorten flexibler sind. In Werken mit Freilagern wird eine Überdachung überlegt.
- **Bergbau:** durch die Umstellung von Wand- auf Etagenabbau können Emissionen reduziert werden. Der Abtrag kann durch Rekultivierung reduziert werden.
- **Abfälle/Brennstoffe/Zumahlstoffe/Rohstoffe:** durch Lagerung in Hallen oder Bunkern mit Unterdruck können Emissionen reduziert werden.
- Von einigen Werken wurden als mögliche Emittenten auch Bandübergabestellen genannt, an deren Optimierung gearbeitet wird.

3.7 TOC

Die TOC Emissionen aus Zementwerken werden zu einem großen Teil durch das Rohmaterial bestimmt und unterliegen daher starken rohstoffbedingten Schwankungen. In Tabelle 6 sind die TOC Frachten der Jahre 2000-2002 dargestellt. In Tabelle 7 sind die durchschnittlichen TOC Konzentrationen in den Werken zusammengefasst. TOC Emissionen werden derzeit in 5 Werken kontinuierlich gemessen.

Tabelle 6: TOC Emissionen der österreichischen Zementindustrie [HACKL&MAUSCHITZ, 2003; Mauschwitz, 2004]

Jahr	Fracht [t/a]
2000	224,236
2001	253,697
2002	228,555
2003	215,902

Tabelle 7: Durchschnittliche TOC Konzentrationen (JMW bzw. Ergebnisse aus Einzelmessungen) im Abgas der einzelnen Werke

TOC [mg/Nm ³]	<10	<20	<50	<80
Anzahl der Werke	1	2	3	3

3.8 SO₂

Die SO₂ Emissionen bei der Klinkerproduktion werden hauptsächlich durch den Pyrit Gehalt im Rohmehl bestimmt. Der Brennstoffschwefel ist für die SO₂ Emissionen in die Luft von geringerer Bedeutung, da er zum überwiegenden Teil in den Klinker eingebunden wird.

In Tabelle 8 sind die SO₂ Frachten der Jahre 2000-2002 dargestellt. In diesem Zeitraum ist eine starke Zunahme der Emissionen zu erkennen. Die Gründe liegen einerseits im stark steigenden Schwefelgehalt der Rohstoffe in einem Werk und der stark gestiegene Einsatz von Petrolkoks [HACKL&MAUSCHITZ, 2003]. In Tabelle 9 sind die durchschnittlichen SO₂ Konzentrationen, die kontinuierlich gemessen werden, in den Werken zusammengefasst.

Tabelle 8: SO₂ Emissionen der österreichischen Zementindustrie [HACKL&MAUSCHITZ, 2003; Mauschwitz, 2004]

Jahr	Fracht [t/a]
2000	345,774
2001	456,085
2002	526,103
2003	497,287

Tabelle 9: Durchschnittliche SO₂ Konzentrationen (JMW) im Abgas der einzelnen Werke

SO ₂ [mg/Nm ³]	<5	<10	<50	<250
Anzahl der Werke	2	2	3	2

In einem österreichischen Zementwerk wurde auf Grund des hohen Pyritanteils im Rohmehl bereits im Jahr 1998 ein SO₂ Wäscher in Betrieb genommen. Das Rauchgas wird in den Wäscher geleitet, wo es mit dem Absorbens besprüht wird. Als Absorbens wird im Brennprozess anfallender Filterstaub und Wasser eingesetzt. SO₂ reagiert mit dem Absorbens zu Gips, welcher nach einer Entwässerung dem Zementproduktionsprozess wieder vollständig zugeführt wird. Die Emissionen konnten durch den Wäscher auf <200mg/Nm³ (JMW) reduziert werden. Die Investitionskosten für diese Anlage lagen bei etwa 5,8 Mio. Euro, die Betriebskosten bei etwa 140.000 Euro pro Jahr.

4 LITERATUR

Protokolle, Fragebögen und werksspezifische Unterlagen der österreichischen Zementwerke.

BACHER, P.; GULAS, H-J (1998): Abgasentstickung in der Zementindustrie durch Selektive Katalytische Reduktion. Sonderdruck der Veitsch Radex Rundschau Nr. 1/1998.

CEN/TC 51 (2004): CEN/TC 51 Cement and building lime, Business Plan Table 1.3.; 9.9.04.

HACKL, A; MAUSCHITZ, G (2003): Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie IV – Jahresreihe 2000-2002. Zement und Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.

HAUG, N.; SAUTER, G; SAMANT, G (2002): Einsatz der High Dust Technologie in der Zementindustrie. VDI Seminar „BAT- und preisorientierte Dioxin-/Rauchgasreinigungstechniken, 19.-20.9.2002 München.

MAUSCHITZ, G. (2004): Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie IV – Berichtsjahr 2003.

WALTISBERG, J. (1988): Ammoniumverbindungen in Rohstoffen und Stäuben der Zementherstellung. Zement Kalk Gips. Ausgabe 12/1988 (41. Jahrgang).

ZKG (2001): Online Prognose des Freikalkgehalts in der Sinterzone und Einsatz von neuronalen Netzen zur Prozessoptimierung. Sonderdruck Zement Kalk Gips. Ausgabe 09/2001.