

# **BAT BEI ABFALL- UND MITVERBRENNUNGSANLAGEN IN ÖSTERREICH**

**Gesetzliche Vorgaben – Stand der Umsetzung der  
EU-Richtlinie 94/67 – für die Mitverbrennung  
maßgebliche Industriezweige – BAT Studie Zement**



# **BAT bei Abfall- und Mitverbrennungsanlagen in Österreich**

**Gesetzliche Vorgaben –  
Stand der Umsetzung der EU-Richtlinie 94/67 –  
für die Mitverbrennung maßgebliche Industriezweige –  
BAT Studie Zement**

**BE-133**

Wien, September 1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



## **Projektleitung**

Isabella Kossina

## **Autoren:**

Dipl.-Ing. Gernot Häusler

Dr. Ilse Schindler

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien  
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt, Wien, September 1998  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-470-3

# 1 GESETZLICHE VORGABEN

## 1.1 Die Anwendung von „Best Available Techniques“ (BAT) entsprechend der Richtlinie 96/61 der Europäischen Union (IPPC-Richtlinie)

Die IPPC-Richtlinie bezweckt nach Art. 1 die „integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“ und sieht für die in Anhang I genannten industriellen Tätigkeiten Maßnahmen zur Vermeidung und, so fern dies nicht möglich ist, zur Verminderung von Emissionen vor, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen. Art. 9 Abs. 3 legt fest, daß die Genehmigung für Anlagen (gem. Anhang I) Emissionsgrenzwerte für Schadstoffe (namentlich die Schadstoffe in der Liste in Anhang III) enthält, die von der betreffenden Anlage unter Berücksichtigung der Art der Schadstoffe und der Gefahr der Verlagerung der Verschmutzung von einem Medium auf ein anderes (Wasser, Luft, Boden inkl. Abfall) in relevanter Menge emittiert werden können. Art. 9 Abs. 4 führt aus, daß die Emissionsgrenzwerte od. äquivalenten Parameter auf die „Besten verfügbaren Techniken“ (BAT) zu stützen sind.

Im Sinne dieser Richtlinie (Art. 2 Begriffsdefinitionen) bezeichnet der Ausdruck „Beste verfügbare Techniken“ den effizientesten und fortschrittlichsten Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch geeignet erscheinen läßt, grundsätzlich als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern.

Als „**beste**“ gelten jene Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.

Als „**verfügbar**“ gelten jene Techniken, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter in dem betreffenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht.

Der Ausdruck „**Techniken**“ bezeichnet sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird.

### Informationsaustausch - Erstellung von BAT-Dokumenten

Der Informationsaustausch über die „Besten verfügbaren Techniken“ erfolgt durch die Erstellung von BAT-Referenz-Dokumenten. Der EU-Kommission fällt nach Art. 16 (2) die Aufgabe zu, den Informationsaustausch über BAT zu organisieren. Dafür wurde ein dreistufiges Verfahren vorgesehen: Die Kommission führt den Vorsitz im Information Exchange Forum (IEF) und in den Technical Working Groups (TWGs). Die Kommission entscheidet über die Veröffentlichung bzw. veröffentlicht die BAT-Referenz-Dokumente. Das IEF hat eine Steuerfunktion gegenüber der TWG. Es diskutiert die fertigen Drafts und prüft deren Inhalt auf Konsens.

Die Erarbeitung von Draft-BAT-Dokumenten erfolgt in Technical Working Groups (TWGs), die in Absprache mit dem IEF durch die EU-Kommission eingerichtet werden. Die Mitgliedsstaaten und die NGOs (Industrievertreter, ev. Vertreter von Umweltorganisationen) sind eingeladen, Experten (National Experts) in die jeweilige TWG zu entsenden. Die Erstellung der BAT-Dokumente aus den eingelangten Informationen und Kommentaren erfolgt durch das European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB in Sevilla).

Das BAT-Referenz-Dokument beinhaltet eine Auflistung der sektorweise verfügbaren (verfügbar gem. Art. 2 IPPC-RL) Techniken und eine Auswahl an Kandidaten für BAT. Für diese Auswahl gilt derzeit der Konsensmodus der „Experten“ in der TWG. Nach einem von der

Kommission nicht veröffentlichten „Pilot-BAT-Referenz-Dokument“ über Ammoniakherstellung hat der Informationsaustausch 1997 mit vier Dokumenten begonnen. Die in Arbeit befindlichen BAT-Dokumente betreffen: Eisen-/ Stahlherstellung, Zementherstellung, Papier- und Zellstoffherstellung und Kühlsysteme (horizontales Dokument). Diese Dokumente sind derzeit noch in Bearbeitung, trotzdem wurde im Jänner 1998 mit 7 weiteren Dokumenten (Verarbeitung von Eisenmetallen, Glasherstellung, Chloralkalielektrolyse, Erzeugung von Nichteisenmetallen, Verarbeitung von Nichteisenmetallen, Gerbereien, Textilindustrie, Überwachung von Emissionen) begonnen.

Für die „Verbrennung von gefährlichen Abfällen“ ist die Erstellung eines BAT-Dokumentes für das Jahr 2000 vorgesehen. Die Erstellung der BAT-Dokumente über Abfallbehandlung (Verbrennung von Kommunalen Abfällen, Behandlung von Kommunalen Abfällen, Deponien) sind im Arbeitsprogramm der TWGs für 2001 geplant. Derzeit liegen noch keine Erfahrungen über die Auswahl oder den Auswahlmodus von BAT-Kandidaten in der TWG vor.

## **1.2 Österreichische Bestimmungen für Anlagen zur thermischen Behandlung / Verwertung von Abfällen**

Ein Genehmigungsverfahren nach dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) wird in Österreich (laut §29 Abs. 1 AWG) u.a. für folgende Anlagen durchgeführt:

- Anlagen von Gebietskörperschaften zur thermischen oder stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung von gefährlichen Abfällen,
- sonstige Anlagen, deren Betriebszweck die Übernahme von nicht im eigenen Betrieb anfallenden gefährlichen Abfällen zur thermischen oder stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung ist,
- Anlagen zur thermischen Verwertung oder sonstigen Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen oder Altölen, ausgenommen zur stofflichen Verwertung, mit einer Jahreskapazität von mindestens 10.000 Tonnen.

Abfälle werden auch in Industrieanlagen mitverbrannt. Diese Mitverbrennungsanlagen unterliegen nicht dem AWG, wenn der jährliche Abfalleinsatz unter 10.000 Tonnen bleibt. Gleiches gilt für die innerbetriebliche Mitverbrennung von innerbetrieblich angefallenen Reststoffen, da diese rechtlich keine Abfälle darstellen. Die Mitverbrennung gefährlicher Abfälle wird ebenfalls nicht vom AWG erfaßt, da der Betriebszweck der Industrieanlage nicht die Abfallverbrennung darstellt. Soweit die Mitverbrennung von Abfällen nicht vom AWG erfaßt ist, kommen die im AWG vorgesehenen Beschränkungen (z.B. betreffend Abfalleinsatz etc., näheres ergibt sich aus der Regelung über den notwendigen Bescheidinhalt) nicht zur Anwendung. Es bleibt dann dem jeweiligen Ermittlungsverfahren und den zugezogenen Sachverständigen vorbehalten, die erforderlichen Regelungen (Art und Menge der einsetzbaren Stoffe, Eingangsbeschränkungen bei einzelnen Parametern (Halogene, Schwermetalle,...) und die maximal zulässigen Emissionen) im Bescheid vorzuschlagen. Unterschiedliche Vollzugslagen sind die zwingende Folge des Fehlens bundeseinheitlicher Mindestanforderungen an die Mitverbrennung von Abfällen.

Für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten im Bereich der thermischen Behandlung/Verwertung von Abfällen gelten in Österreich die Bestimmungen des LRG-K bzw. der GewO. Diese Gesetze sind in der Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen (LRV-K) bzw. in den Branchenverordnungen nach § 82 der Gewerbeordnung konkretisiert. §2 Abs. 1 des LRG-K schreibt vor: „Dampfkesselanlagen sind derart zu errichten, auszurüsten und zu betreiben, daß die nach dem Stand der Technik vermeidbaren Emissionen unterbleiben“. Gemäß § 77 Abs. 3 der Gewerbeordnung hat die Behörde „Emissionen von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik zu begrenzen“. Gleichlautend definieren § 2 Abs. 2 LRG-K und § 71a GewO: „Der Stand der Technik ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher

schaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen.“

### 1.3 Abfallwirtschaftsgesetznovelle

Mit 20.8.1998 wurde die AWG-Novelle 1998 im BGBl kundgemacht. Das bisherige Anlagenrecht wurde in dieser AWG-Novelle nicht geändert. Es bleibt daher im Bereich der Abfallverbrennung in Österreich bei einer Kompetenzzersplitterung, die dazu führt, daß die Verbrennung ein und desselben Abfalls einmal nach Gewerberecht von den Gewerbebehörden, das andere mal dagegen nach Abfallrecht durch die Abfallrechtsbehörde zu genehmigen ist. Eine einheitliche, sachgerechte Regelung wurde somit nicht erzielt.

Der wesentliche Teil einer weiteren AWG-Novelle bzw. einer Gewerbeordnungs-Novelle sollte eine klare Abgrenzung zwischen Allein-Abfallverbrennungsanlagen und Mitverbrennungsanlagen schaffen, mit dem Ziel, dass alle Anlagen, die Abfälle einsetzen, mittelfristig denselben Anforderungen wie Allein-Abfallverbrennungsanlagen unterliegen.

### 1.4 Stand der Umsetzung von EU-Recht

#### Umsetzung der Richtlinie 94/67/EG des Rates (Verbrennung gefährlicher Abfälle)

Anlässlich der Beschlußfassung über die AWG-Novelle 1998 am 8.7.1998 hat der Nationalrat folgende EntschlieÙung gefaÙt: „Der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie und der Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten werden aufgefordert, basierend auf § 29 Abs. 18 AWG, bis spätestens 31. Dezember 1998 in einer Verordnung den Stand der Technik für die Verbrennung von Abfällen sowohl in Abfallbehandlungsanlagen als auch in industriellen Anlagen zu erarbeiten, wobei in einem ersten Schritt die Umsetzung der Richtlinie über die Verbrennung der gefährlichen Abfälle vorzunehmen ist. Bei der Festlegung der Grenzwerte und sonstigen Rahmenbedingungen sind vergleichbare Standards, die Wettbewerbsverzerrungen zwischen unterschiedlichen Anlagentypen vermeiden, zu normieren.“

Der Nationalrat fordert die Verwaltung also auf, eine einzige Verordnung, diese basierend auf § 29 Abs. 18 AWG, zu erlassen. Die Bestimmungen des § 29 Abs. 18 AWG und eine darauf gegründete Verordnung kann jedoch nicht weiter reichen, als der sachliche Anwendungsbereich des § 29 AWG insgesamt reicht. Aufgrund der Genehmigungstatbestände der Z 2 und 3 des Abs 1 des § 29 AWG, kann daher die angestrebte Verordnung weiterhin weite Bereiche der industriellen Mitverbrennung von Abfällen nicht erfassen. Die Einheitlichkeit scheitert also an der Fassung dieser Genehmigungstatbestände, sodaÙ die geplante Verordnung neuerlich durch eine auf Basis der GewO, des BergG etc. zu erlassende Verordnung ergänzt werden muß. Es wird also mangels einheitlicher gesetzlicher Grundlagen jedenfalls zwei Verordnungen geben müssen.

Ein Entwurf des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten (BMWA) für eine Verordnung auf Grundlage der Gewerbeordnung liegt seit August 1997 vor, die Fertigstellung eines Verordnungsentwurfes des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (BMfUJF) auf Grundlage des Abfallwirtschaftsgesetzes ist für Ende September 1998 geplant.

Der Entwurf des BMfUJF sieht die Anwendung der Mischungsregel nach der Richtlinie 94/67/EG bei der Mitverbrennung von bis zu 40% (gefährlichen und nicht gefährlichen) Abfällen, wobei Altreifen, Altöle und Klärschlämme nicht berücksichtigt werden sollen, vor. Bei

einem Abfalleinsatz von über 40% sollen die Grenzwerte für Anlagen zur Müllverbrennung gelten.

Für Anlagen zur Zementerzeugung sind spezielle Regelungen vorgesehen. Bei Abfalleinsatz sollen fixe Emissionsgrenzwerte in der Verordnung festgelegt werden. Zur Reduzierung von Stickoxiden ist ein Stufenplan bis 31.12.2006 vorgesehen. Es ist davon auszugehen, daß bei den Anlagen der Zementindustrie vor allem Kunststoffabfälle, Petrolkoks, Papierfaserreste und Lösungsmittel (34% der 1996 durch Abfälle, 7% der 1996 insgesamt eingebrachten Energie) in die Berechnung des Gesamt-Abfall-Einsatzes eingehen werden.

Die Verordnung soll ab 1.7.2000 für alle bestehenden und neu zu errichtenden Anlagen, die Abfälle thermisch behandeln oder verwerten, zur Anwendung kommen.

Weiters soll auf Grundlage des AWGs im Einvernehmen mit der Industrie eine Positivliste für Abfälle, die in industriellen Anlagen mitverbrannt werden, erlassen werden. Hierzu liegt eine ÖNORM [ÖNORM S2108, 1998] im Gründruck vor.

Es ist zu erwarten, daß bei einer Umsetzung der zur Zeit in Ausarbeitung befindlichen Richtlinie für die Verbrennung von nicht gefährlichen Abfällen der Europäischen Union eine Novellierung der Bestimmungen für die Abfallverbrennung in Österreich vorgenommen wird.

In den Erläuterungen zur geplanten Verordnung wird ausgeführt werden, daß nach einem positiven Abschluß der Pilotversuche zur Minderung von Luftschadstoffemissionen (v.a. Stickoxidemissionen) durch die Anwendung fortschrittlicher Luftreinhaltetechnologien aus Anlagen der Zementindustrie, welcher in unmittelbarer Zukunft zu erwarten ist, die großtechnische Umsetzung erfolgen soll. Bei einem erfolgreichen großtechnischen Einsatz sollen niedrigere Emissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe (insb. Stickoxide) festgelegt werden.

### **Umsetzung der Richtlinie 96/61/EU (IPPC-RL)**

Die Umsetzung der IPPC-RL in nationales Recht muß bis 14. Oktober 1999 erfolgen (drei Jahre nach Inkrafttreten). Für die Genehmigung von Neuanlagen ist die gegenständliche Richtlinie ab 14. Oktober 1999 anzuwenden, wobei Emissionsgrenzwerte auf die „Besten verfügbaren Techniken (BAT)“ zu stützen sind. Ob, und gegebenenfalls wie viele der BAT-Referenzdokumente bis dahin von der Kommission veröffentlicht sein werden, läßt sich zur Zeit nicht sagen. Bestehende Anlagen (Aktualisierung von Auflagen) sind ab 14. Oktober 2007 entsprechend der gegenständlichen RL zu genehmigen.

## **1.5 Emissionsgrenzwerte in Österreich**

Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen einen Vergleich der in Österreich für Anlagen zur Müllverbrennung geltenden Emissionsgrenzwerte mit Grenzwerten für gewerbliche Betriebsanlagen.

Zum Beispiel liegen die Emissionsgrenzwerte für Stickoxide zwischen 100 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 11% O<sub>2</sub> (Müllverbrennung in Kesselanlagen, Großanlagen) und 1000 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 10% O<sub>2</sub> (Anlagen zur Zementerzeugung).

Emissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid liegen zwischen 50 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 11% O<sub>2</sub> (Müllverbrennung in Kesselanlagen, Großanlagen) und 500 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 18% O<sub>2</sub> (Anlagen zur Ziegelerzeugung) bzw. 800 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf Meßwert-O<sub>2</sub> (Anlagen mit Nachverbrennung oder offenen Feuerungssystemen zur Nichteisenmetallerzeugung).

Emissionsgrenzwerte für Staub liegen zwischen 15 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 11% O<sub>2</sub> (Müllverbrennung in Kesselanlagen, Großanlagen) und 50 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 18% O<sub>2</sub> (Anlagen zur Ziegelerzeugung) bzw. 50 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf Meßwert-O<sub>2</sub> (Anlagen zum Sintern von Eisenerzen /

Anlagen mit Nachverbrennung oder offenen Feuerungssystemen zur Nichteisenmetallerzeugung) bzw. 50 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 10% O<sub>2</sub> (Anlagen zur Zementerzeugung).

Emissionsgrenzwerte für Kohlenmonoxid liegen zwischen 50 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf 11% O<sub>2</sub> (Müllverbrennung in Kesselanlagen, Großanlagen) und 1000 mg/Nm<sup>3</sup> bez. auf Meßwert-O<sub>2</sub> (Öfen für Stahl / Gußeisen). Für Anlagen zur Erzeugung von Zement, Anlagen zum Sintern von Eisen und Stahl, Anlagen zur Ziegelerzeugung sowie für Laugenverbrennungsanlagen der Zellstoffindustrie sind keine Emissionsgrenzwerte für Kohlenmonoxid festgelegt.

Tabelle 3 zeigt einen Vergleich der Emissionsgrenzwerte für die Abfallverbrennung in einigen Ländern Europas. Die strengsten Grenzwerte weisen folgende Länder auf: Die Niederlande für Organisch gebundenen Kohlenstoff, Stickoxide, Schwefeldioxid und Staubteile, Deutschland für Schwermetalle, die Schweiz für Ammoniak und Österreich für Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff und Kohlenmonoxid.

Tabelle 1 Vergleich der Emissionsgrenzwerte nach LRV-K

Anlagengröße	angegeben als	Richtlinie 94/67/EG des Rates			Verbrennung von Abfällen in Kesselanlagen nach LRV-K BGBl 1994/785 3)			Dampfkesselanlagen mit Altöl befeuert	Laugenverbrennungsanlagen der Zellstoffindustrie	Verbrennung von Holz Brennstoffen in Dampfkesseln	Krankenhausabfallverbrennung in Dampfkesselanlagen
		11 / 3 / * 14)	Kleinanlagen <=750 kg/h	mittlere Anlagen 750-1500 kg/h	Großanlagen >1500 kg/h						
Sauerstoffbezug	Vol.%	11 / 3 / * 14)			11	11	11	3	5	13	11
Zeitbezug 1)		HMW A	HMW B	TMW	HMW	HMW	HMW	HMW			
Organisch gebundener Kohlenstoff insgesamt (Corg)	C	20	10	10	20	20	20	> 1MW: 30		> 0,1MW: 50	20
Chlorwasserstoff (HCl)	HCl	60	10	10	30 4)	15 4)	10 4)	30			15
Elementares Chlor	Cl										
Fluorwasserstoff (HF)	HF	4	2	1	0,7 5)	0,7 5)	0,7 5)				0,7
Stickoxid (NO, NO <sub>2</sub> )	NO <sub>2</sub>				-	300	100		400	200 / 300 / 350 / 500 40)	
Ammoniak und Ammoniumverbindungen	NH <sub>3</sub>				< 50MW: 30; > 50MW: 10 39)			< 50MW: 30; > 50MW: 10 39)	< 50MW: 30; > 50MW: 10 39)	< 50MW: 30; > 50MW: 10 39)	
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub>	200	50	50	-	100	50	> 50MW: 350 > 300MW: 200	400 36) / 300 37) / 700 38)		
reduzierte Schwefelverbindungen	H <sub>2</sub> S								20 36)		
Staubteile insgesamt	Staub	30	10	10	50	20	15	30	50	< 2MW: 150; > 2MW: 50	20
Cyanide	HCN										
Zeitbezug 1)		ZMW	HMW	TMW							
Kohlenmonoxid (CO)	CO	150 6)	100 6)	50 6)	100	50	50	65		0,1-5MW: 250; > 5MW: 100	50
Zeitbezug		0,5 - 8 h Mittelwert									
Cadmium	Cd				0,1	0,05	0,05	0,1		0,1 / 0,05 / 0,05 41)	0,05
Cadmium + Thallium	Cd + Tl	0,05 7) ; 0,1 8)									
Cadmium + Thallium + Beryllium	Cd + Tl + Be										
Quecksilber	Hg	0,05 7) ; 0,1 8)			0,1	0,1	0,05			0,1 / 0,1 / 0,05 41)	0,1
Beryllium + Quecksilber	Be + Hg										
Cadmium + Thallium + Quecksilber	Cd + Tl + Hg										
Antimon + Arsen + Blei + Chrom + Kobalt + Kupfer + Mangan + Nickel + Vanadium + Zinn	Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	0,5 7) ; 1 8)									
Blei + Chrom (ohne Cr-VI) + Kupfer + Mangan + Vanadium + Zinn	Pb + Cr + Cu + Mn + V + Sn										
Blei + Zink + Chrom	Pb + Zn + Cr				5	3	2	4		5 / 3 / 2 41)	3
Arsen + Cobalt + Nickel	As + Co + Ni				1	0,7	0,5			1 / 0,7 / 0,5 41)	0,7
Arsen + Cobalt + Nickel + Blei	As + Co + Ni + Pb										
Arsen + Cobalt + Nickel + Chrom-VI + Selen + Tellur	As + Co + Ni + Cr-VI + Se + Te										
CO / CO <sub>2</sub>					0,002						0,002
Zeitbezug		6 - 8 h Mittelwert			3x 3 - 10 h Mittelwert						
Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	2,3,7,8- TCDD-Äquivalent (I-TEF)	1*10-7			1*10-7			> 10MW: 0,1		0,1	0,1
Verweilzeit/Temperatur (bei >1% halog.Org.Stoffen)		2s, 6% O <sub>2</sub> , 850°C			1200 °C						1200°C
		2s, 6% O <sub>2</sub> , 1100°C									

Tabelle 2 Vergleich der Emissionsgrenzwerte für Anlagen zur Müllverbrennung nach LRV-K mit Anlagen nach GewO

	angegeben als	Verbrennung von Abfällen in Kesselanlagen nach LRV-K BGBl 1994/785 3)			Gießereiverordnung für Öfen für Stahl / Gußeisen BGBl 1993/717 3)	Anlagen zur Ziegelerzeugung BGBl 1993/720 46)	Anlagen zum Sintern von Eisenerzen BGBl 1997/163 3) 51)	Anlagen zur Zementerzeugung BGBl 1993/63 11)	Anlagen zur Eisen- und Stahlerzeugung BGBl 1997/160	Anlagen zur Nichteisenmetallerzeugung BGBl 1/1998
		Kleinanlagen <=750 kg/h	mittlere Anlagen 750-1500kg/h	Großanlagen >1500 kg/h						
Anlagengröße										
Sauerstoffbezug	Vol. %	11	11	11	Wärmeöfen: 5, sonst: Meßwert	18 / 15 47)	Meßwert	10	3 / 5 / 6 15)	3 / 6 / * 29)
Zeitbezug 1)		HMW	HMW	HMW		HMW	HMW	GW		
Organisch gebundener Kohlenstoff insgesamt (Corg)	C	20	20	20	Kl. I: 20; Kl. II: 100; Kl. III: 150; insges. bei > 3 kg/h: 150 42)	> 2 kg/h: 100 48)			50	50 30)
Chlorwasserstoff (HCl)	HCl	30 4)	15 4)	10 4)		> 0,3 kg/h: 30	30		30 / 20 16)	30
Elementares Chlor	Cl									3 31)
Fluorwasserstoff (HF)	HF	0,7 5)	0,7 5)	0,7 5)		> 50 g/h: 5	5		5 / 1 17)	5
Stickoxid (NO, NO <sub>2</sub> )	NO <sub>2</sub>	-	300	100	> 5 kg/h: 250 18) / 500 43) / 350 19) / 500 20)	> 5 kg/h: 200 / 300 49)	400	500 12) 1000 13)	250 18) / 350 19) / 750 21) / 500 20) 22) 23) 24) 17) 25)	250 18) 300 32) / 350 19) / 500 20) 33)
Ammoniak und Ammoniumverbindungen	NH <sub>3</sub>	< 50MW: 30; > 50MW: 10 39)								
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub>	-	100	50	> 5 kg/h: 300 18) 19) / 500 20)	> 5 kg/h: 500 50)	500	200	300 18) 19) 25) / 500 20) 22) 23) 24) 17)	300 18) 19) / 500 20) / 800 34)
reduzierte Schwefelverbindungen	H <sub>2</sub> S									
Staubteile insgesamt	Staub	50	20	15	20 / 50 44)	50	50	50	20 / 10 16) / 50 22) 23) 17) 26) 27)	20 / 10 34)
Cyanide	HCN				> 25 g/h: 5				5 22)	
Zeitbezug 1)										
Kohlenmonoxid (CO)	CO	100	50	50	1.000 45)				100 18) / 175 19) / 250 20)	100 18) / 175 19) / 250 20)
Zeitbezug										
Cadmium	Cd	0,1	0,05	0,05						0,05
Cadmium + Thallium	Cd + Tl				> 1 g/h: 0,2					
Cadmium + Thallium + Beryllium	Cd + Tl + Be							0,2; je 0,1		
Quecksilber	Hg	0,1	0,1	0,05						
Beryllium + Quecksilber	Be + Hg				> 1 g/h: 0,1					0,1
Cadmium + Thallium + Quecksilber	Cd + Tl + Hg								0,2	+ Be: 0,2
Antimon + Arsen + Blei + Chrom + Kobalt + Kupfer + Mangan + Nickel + Vanadium + Zinn	Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn									10 35)
Blei + Chrom (ohne Cr-VI) + Kupfer + Mangan + Vanadium + Zinn	Pb + Cr + Cu + Mn + V + Sn				+ Zn + Cr-VI: > 25 g/h: 5				5	+ Zn: 5
Blei + Zink + Chrom	Pb + Zn + Cr	5	3	2						
Arsen + Cobalt + Nickel	As + Co + Ni	1	0,7	0,5						
Arsen + Cobalt + Nickel + Blei	As + Co + Ni + Pb							1		
Arsen + Cobalt + Nickel + Chrom-VI + Selen + Tellur	As + Co + Ni + Cr-VI + Se + Te				> 5 g/h: 1				1	1
CO / CO <sub>2</sub>		0,002								
Zeitbezug		3x 3 - 10 h Mittelwert								
Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	2,3,7,8- TCDD-Äquivalent (I-TEF)		1*10-7				0,4		0,25/0,4/0,1 28) 0,4 24)	
Verweilzeit/Temperatur (bei >1% halog.Org.Stoffen)			1200 °C							

**Tabelle 3 Vergleich der Emissionsgrenzwerte in Europa**

Anlagengröße	angegeben als	Niederlande BLA 1993		Deutschland 17. BImSchV 1990		Schweiz LRV 52)	Italien 1990	Schweden 1993		Österreich LRV-K 1989 3)			Richtlinie 94/67/EG des Rates		
						> 350 kW 53)	> 3 Mg/h	1 - 3 Mg/h	>= 3 Mg/h	Kleinanlagen <=750 kg/h	mittlere Anlagen 750-1500 kg/h	Großanlagen >1500 kg/h	HMW A	HMW B	TMW
Zeitbezug 1)		SMW	HMW	TMW	MMW	k. A.	k. A.	k. A.	HMW	HMW	HMW	HMW A	HMW B	TMW	
Organisch gebundener Kohlenstoff insgesamt (Corg)	C	10	20	10	20	20	20		20	20	20	20	10	10	
Chlorwasserstoff (HCl)	HCl	10	60	10	20	50	100	50	30 4)	15 4)	10 4)	60	10	10	
Fluorwasserstoff (HF)	HF	1	4	1	2	2	4	2	0,7 5)	0,7 5)	0,7 5)	4	2	1	
Stickoxid (NO, NO <sub>2</sub> )	NO <sub>2</sub>	70	400	200	>2,5kg/h: 80				-	300	100				
Ammoniak und Ammoniumverbindungen	NH <sub>3</sub>				5										
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub>	40	200	50	50	300			-	100	50	200	50	50	
Zeitbezug 1)		1 - 8 h MW													
Staubteile insgesamt		5	30	10	10	30	100	30	50	20	15	30	10	10	
Zeitbezug 1)		SMW	SMW	TMW	MMW	k. A.	k. A.	k. A.				ZMW	HMW	TMW	
Kohlenmonoxid (CO)	CO	50	100	50	50	100	100	100	100	50	50	150 6)	100 6)	50 6)	
Zeitbezug		1 - 8 h MW	0,5 - 2 h Mittelwert		MMW	k. A.	k. A.	k. A.						0,5 - 8 h Mittelwert	
Cadmium + Thallium	Cd + Tl		0,05											0,05 7) ; 0,1 8)	
Quecksilber	Hg	0,05	0,05		0,1	0,1			0,1	0,1	0,05			0,05 7) ; 0,1 8)	
Antimon + Arsen + Blei + Chrom + Kobalt + Kupfer + Mangan + Nickel + Vanadium + Zinn	Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	+ Se + Te 1	0,5											0,5 7) ; 1 8)	
Blei + Zink	Pb + Zn				1										
Quecksilber + Cadmium	Hg + Cd							0,2							
Blei + Zink + Chrom	Pb + Zn + Cr								5	3	2				
Arsen + Cobalt + Nickel	As + Co + Ni								1	0,7	0,5				
Cadmium	Cd	0,05			0,1	0,1			0,1	0,05	0,05				
Blei + Chrom + Kupfer + Mangan	Pb + Cr + Cu + Mn							5							
Nickel + Arsen	Ni + As							1							
CO / CO <sub>2</sub>										0,002					
Zeitbezug		k. A.	6 - 16 h Mittelwert			k. A.	k. A.	k. A.		3x 3 - 10 h Mittelwert				6 - 8 h Mittelwert	
Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	2,3,7,8- TCDD- Äquivalent (I-TEF)	1*10 <sup>-7</sup>	1*10 <sup>-7</sup>			0,01 g/h	Richtwert 1*10 <sup>-7</sup>			1*10 <sup>-7</sup>				1*10 <sup>-7</sup>	
Verweilzeit/Temperatur (bei >1% halog.Org.Stoffen)										1200 °C				2s, 6% O <sub>2</sub> , 850°C 2s, 6% O <sub>2</sub> , 1100°C	

Europa: Richtlinie 94/67/EG des Rates vom 16.12.1994 über die Verbrennung gefährlicher Abfälle, Nr. L365/38, L365/39

Österreich: 2. Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen, BGB1 1989/19 idF 1 BGB1 1990/134 2 BGBl 1989/785 §18

Schweiz: Luftreinhalteverordnung (LRV) des Schweizer Bundesrates vom 16.12.1985, Stand 01.01.1995, S.43

Niederlande: 36 Besluit van 7 januari 1993, gilt für Hausmüllverbrennungsanlagen

Schweden: Föreskrifter om utsläpp till luft från anläggningar för förbränning av kommunalt avfall (1993), gilt für die Verbrennung von kommunalen Abfällen

Deutschland: 17. BImSchV Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

(Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe) vom 23. November 1990

Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn: TMW < erf. und während 1 Jahr entweder 100 % HMW A < erf oder 97% HMW B < erf.

**Verwendete österreichische gesetzliche Bestimmungen:**

Richtlinie 94/67/EG des Rates vom 16.12.1994 über die Verbrennung gefährlicher Abfälle, Nr. L365/38, L365/39

2. Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen, BGBl 1989/19 idF 1 BGBl 1990/134 2 BGBl 1989/785

63. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Zementerzeugung vom 29.01.1993 BGBl Nr.63/1993

160. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl vom 17.06.1997 BGBl 160/1997

447. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Gießereien, BGBl 447/1994

720. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Brennöfen zur Ziegelerzeugung in gewerblichen Betriebsanlagen und Bergbauanlagen, BGBl 720/1993

163. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zum Sintern von Eisenerzen, BGBl 163/1997

1. Verordnung: Begrenzung der Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Erzeugung von Nichteisenmetallen, BGBl 1/1998

Werte in [mg/m<sup>3</sup>] bei Temperatur 0°C (94/67/EG: 273 K), Druck 101,3 kPa, wasserfrei

1)....HMW .....Halbstundenmittelwert

TMW ..... Tagesmittelwert

ZMW .....Zehn-Minuten-Mittelwert

MMW..... Mittelwert über eine Betriebsdauer von mehreren Stunden

1 - 8 h MW Mittelwert über einen Zeitraum von 1 - 8 Stunden

GW .....Grenzwert (Zeitbezug bei Beurteilung)

2)....Summe der Substanzen: Acenaphtylen, Anthracen, Benz(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(a)pyren, Chrysen, Dibenz(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Phenanthren, Pyren

3)....Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn: Tagesmittelwerte < erf.; Weniger als 3 % der Beurteilungswerte überschreiten den Grenzwert um 20 %; Kein Halbstundenmittelwert überschreitet den Grenzwert um 100 %

4)....Angegeben als Cl-

5)....Angegeben als F-

6)....Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn: TMW < erf. und während 24 h entweder 100% HMW < erf oder 95% aller ZMW < erf.

7)....0,5-8h Durchschnittswert für neue Anlagen, inkl. gas- und dampfförmige Schwermetallemissionen

8)....0,5-8h Durchschnittswert für alte Anlagen, inkl. gas- und dampfförmige Schwermetallemissionen

9)....Die Schadstoffgrenzfracht ist definiert als Produkt aus individuell vorgeschriebenem Grenzwert (TMW) und dem gereinigten Abgasvolumenstrom in Nm<sub>3</sub> tr bezogen auf 11 % O<sub>2</sub>

10)..**Für bereits bestehende Anlagen wird ein Grenzwert von 50 mg/Nm<sup>3</sup> vorgeschlagen**

11)..**Der Emissionsgrenzwert gilt als überschritten, wenn: 1 TMW > GW oder 3% der BW > 1,2xGW oder 1 HMW > 2xGW**

12)..**Für Neuanlagen (zum Zeitpunkt des Inkrafttretens noch nicht in Betrieb)**

13)..**Für Altanlagen (zum Zeitpunkt des Inkrafttretens bereits in Betrieb)**

14)..**3% O<sub>2</sub> bei ausschließlicher Verbrennung von Altöl, bei Verbrennung in angereicherter Sauerstoffatmosphäre kann die Behörde einen Sauerstoffbezug festlegen**

15)..**Sauerstoffbezug: 3% bei der Verwendung von flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen oder einem Gas, dessen O<sub>2</sub>-Gehalt höher ist als der von Luft als Sauerstoffträger; 5% bei Wärmebehandlungsöfen bei der Verwendung von flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen; 6% bei der Verwendung von festen Brennstoffen**

16)..**Oberflächenbehandlung durch Feuerverzinken**

17)..**Stahlerzeugung in Elektro-Schlacke-Umschmelzanlagen**

18)..**Bei der Verwendung von gasförmigen Brennstoffen**

19)..**Bei der Verwendung von flüssigen Brennstoffen**

20)..**Bei der Verwendung von festen Brennstoffen**

21)..**Erwärmung, Warmhaltung oder Wärmebehandlung von Eisen und Stahl bei Vorwärmung der Verbrennungsluft**

- 22)..Erschmelzen und Vergießen von Roheisen  
 23)..Stahlerzeugung in Konvertern und Vakuumschmelzanlagen  
 24)..Stahlerzeugung in Elektrolichtbogenöfen, Induktionsöfen und bei pfannenmetallurgischen Einrichtungen  
 25)..Erwärmung, Warmhaltung oder Wärmebehandlung von Eisen und Stahl (ohne Vorwärmung der Verbrennungsluft für NO<sub>x</sub>) sowie Oberflächenbehandlung mittels Säuren (Bei allen: bei Verwendung von Kokereigas für SO<sub>2</sub>)  
 26)..Flämmereien  
 27)..Sekundärentstaubungseinrichtungen  
 28)..0,25 ng/Nm<sup>3</sup> bei Neuanlagen (0,4 ng/Nm<sup>3</sup> bei bestehenden Anlagen) bis einschließlich 31.12.2005, 0,1 ab 01.01.2006  
 29)..bei geschlossenen Feuerungssystemen: bei flüssigen und gasförmigen Brennstoffen 3%, bei festen Brennstoffen 6%; bei Nachverbrennung oder offenen Feuerungssystemen: Meßwert; bei Sauerstoffangereicherter Atmosphäre 3% (bei festen Brennstoffen: nur staubförmige)  
 30)..davon Benzo(a)pyren bei einem Massenstrom von mindestens 0,5 g/h höchstens 0,1 mg/Nm<sup>3</sup>  
 31)..Bei Einrichtungen zum Schmelzen und Recyclieren von Aluminium  
 32)..Bei Einrichtungen zum Schmelzen und Recyclieren von Aluminium, gas- oder ölbefeuerte Schmelzbrenner ohne Verbrennungsluftvorwärmung  
 33)..Bei Einrichtungen zum Schmelzen und Recyclieren von Aluminium, bei Vorwärmung der Verbrennungsluft oder Verbrennungsluft-O<sub>2</sub>-Gehalt über 25%  
 34)..Bei Schmelz- und Raffinationseinrichtungen für Blei sowie Zink und/oder Verbindungen  
 35)..Bei Einrichtungen zur Kupferraffination darf Cu (einschließlich Legierungen), angegeben als Element insgesamt 10 mg/Nm<sup>3</sup> nicht überschreiten  
 36)..Sulfatprozeß  
 37)..Magnetitverfahren  
 38)..saures Magnesiumbisulfid-Verfahren  
 39)..bei Anlagen mit Ammoniak Einsatz zur Minderung der Stickoxidemissionen; bez. auf 0 Vol.% O<sub>2</sub>  
 40)..NO<sub>x</sub>-Grenzwerte nach folgender Tabelle (bezogen auf 13% O<sub>2</sub>):

Holzbrennstoffe	Brennstoffwärmeleistung		
	> 0,1MW	> 10MW	> 50MW
Restholz von verleimten, beschichteten oder lackierten Holzwerkstoffen oder Bauteilen	500 / seit 1.1.1997 für > 2 MW: 350	350	200
naturbelassenes Buchen- und Eichenholz, Rinde, Reisig, Zapfen	300	200	200
sonstiges naturbelassenes Holz	250	200	200

- 41)..bei mit Schwermetallpigmentierten Lacken behandeltem Restholz: für Kleinanlagen (< 750 kg Brennstoff/h) / mittlere Anlagen (< 15.000 kg Brennstoff/h) / Großanlagen (> 15.000 kg Brennstoff/h)  
 42)..Klasse I bei > 0,1 kg/h: 20 mg/Nm<sup>3</sup>; Klasse II bei > 2 kg/h: 100 mg/Nm<sup>3</sup>; Klasse I bei > 3 kg/h: 150 mg/Nm<sup>3</sup>  
 43)..bei gasbeheizten Kupolöfen: 500 mg/Nm<sup>3</sup>  
 44)..20 bei Elektrolichtbogenöfen, Induktionsöfen und Kupolöfen mit Obergichtabsaugung bei 0,5 kg/h oder mehr; 50 sonstige Öfen  
 45)..bei Heißwindkupolöfen  
 46)..Der Emissionsgrenzwert gilt als überschritten, wenn mehr als ein Meßwert, abzüglich der oberen Fehlergrenze des Meßverfahrens den Grenzwert überschreitet  
 47)..15 Vol.% O<sub>2</sub> bei der Ermittlung der Stickoxidkonzentration bei Anlagen mit Nachverbrennungsanlage, sonst 18 Vol.%  
 48)..davon: Benzol 5 mg/Nm<sup>3</sup>, Ethanal wenn > 0,1 kg/h: 20 mg/Nm<sup>3</sup>, Ethenylbenzol wenn > 2 kg/h: 100 mg/Nm<sup>3</sup>, Methanal wenn > 0,1 kg/h: 20 mg/Nm<sup>3</sup>, Phenol wenn > 0,1 kg/h: 20 mg/Nm<sup>3</sup>; Summe davon < 100 mg/Nm<sup>3</sup>  
 49)..200 mg/Nm<sup>3</sup> ohne Nachverbrennungsanlage, 300 mg/Nm<sup>3</sup> mit Nachverbrennungsanlage  
 50)..auf Antrag Überschreitungen möglich, wenn sachlich gerechtfertigt und > 0,12% Schwefel im Rohstoff  
 51)..Emissionswerte gelten ab 1.1.2009 und nur f. Anlagen, die nach dem 1.1.2004 genehmigt werden  
 52)..Weitere Beschränkungen gelten für anorganische, vorwiegend staubförmige oder gas- und dampfförmige Stoffe, organische gas-, dampf- oder partikelförmige Stoffe sowie für krebserzeugende Stoffe, die jeweils in 3 Klassen unterteilt werden.  
 53)..Es besteht ein Verbot der Verbrennung von Abfällen in Kleinanlagen

## 2 FÜR DIE ABFALLVERBRENNUNG MAßGEBLICHE ANLAGEN, DEREN ENTSORGUNGSPOTENTIALE UND MAßNAHMEN ZUR LUFTREINHALTUNG

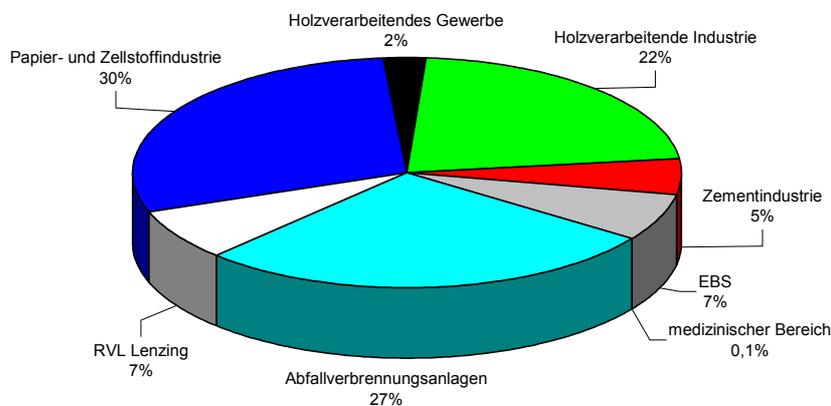
Das Gesamtaufkommen an Abfällen in Österreich beträgt laut Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) 1998 26,5 Mio. Tonnen pro Jahr. Das gesamte Aufkommen an brennbaren Abfällen in Österreich beträgt rund 8,5 Mio. Tonnen pro Jahr [Fehringer et al., 1997].

Tabelle 4 Abfallaufkommen / Aufkommen an brennbaren Abfällen

Abfallaufkommen in Österreich	Aufkommen laut BAWP 1998	brennbare Abfälle [Fehringer et al., 1997]
	t/a	t/a
Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen	2.800.000	2.170.000
Sonstige nicht gefährliche Abfälle	4.900.000	1.130.000
Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und der Gewässernutzung	2.300.000	940.000
Baurestmassen einschließlich Baustellenabfälle	6.400.000	500.000
Abfälle mineralischen Ursprungs ohne Baurestmassen	4.000.000	-
Holzabfälle	3.300.000	3.490.000
getrennt gesammelte Altstoffe aus Gewerbe und Industrie	2.100.000	-
Gefährliche Abfälle	760.000	220.000
Bodenaushub	20.000.000	-
<b>Summe gerundet</b>	<b>46.500.000</b>	<b>8.500.000</b>

### 2.1 Verbrennungsanlagen für die Entsorgung von Abfällen

Abbildung 1 Verteilung der Verbrennungskapazitäten auf die unterschiedlichen Branchen; Gesamtkapazität: ca. 2 Mio. Mg Abfälle.



## Hausmüllverbrennungsanlagen

Zur Zeit sind in Österreich drei Anlagen zur Verbrennung von Hausmüll in Betrieb. Es sind dies die Müllverbrennungsanlagen Spittelau (Kapazität: 300.000 Mg Müll/a; 82,2MW), Flötzersteig ( 200.000 Mg Müll/a) und Wels (60.000 Mg Müll/a). Alle drei Anlagen entsprechen dem Stand der Technik bezüglich der Verminderung von Emissionen in die Abluft oder das Abwasser. So ist jede Anlage mit einem Elektrofilter, zweistufiger nasser Rauchgasreinigung und Katalysator zur Stickoxidminderung ausgerüstet. In der Müllverbrennungsanlage Wels wird zur Dioxin-/Furanabscheidung ein Aktivkohlefilter eingesetzt, in den beiden Wiener Anlagen Spittelau und Flötzersteig werden Dioxine und Furane im Stickoxiddkatalysator zerstört. In der Müllverbrennungsanlage Flötzersteig ist zusätzlich ein Venturiwäscher zur Feinstaubabscheidung installiert. Die Anlagen Spittelau und Flötzersteig sind an das Fernwärmenetz der Stadt Wien angeschlossen und können 60 und 50MW Fernwärme bereitstellen.

## Sondermüllverbrennungsanlage Entsorgungsbetriebe Simmering

Die Entsorgungsbetriebe Simmering GesmbH. & CO.KG betreibt die einzige Sondermüllverbrennungsanlage in Österreich. In zwei Drehrohröfen können 75.000 Mg/a Sonderabfälle verbrannt werden. Neben gefährlichen Abfällen wird in 3 Wirbelschichtöfen Klärschlamm aus der Hauptkläranlage Wien verbrannt. Wirbelschichtöfen und Drehrohre haben eigene Elektrofilter, die restlichen Stufen der Rauchgasreinigung sind in einer Linie ausgeführt. Diese besteht aus einer zweistufigen Wäsche, einem filtrierenden und einem elektrodynamischen Venturiwäscher. Nachgeschaltet ist ein Aktivkohlefilter.

## 2.2 Industrielle Mitverbrennungsanlagen

Bisher gab es in Österreich keine industrielle Anlage, die alle Grenzwerte für Müllverbrennungsanlagen der Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen (LRV-K) einhalten konnte [Fehring et al., 1997].

### Wirbelschichtverbrennungsanlage RVL Lenzing

Die Wirbelschichtverbrennungsanlage der RVL Lenzing ist österreichweit die erste industrielle Anlage, die den Anforderungen der LRV-K entspricht. Die Anlage mit einer Kapazität von 150.000 Mg Abfällen pro Jahr oder 90 MW (87MW Abfallbrennstoffe, 1MW Viskosefaser-Abluftinhaltsstoffe, 8MW Erdgas/Heizöl) befindet sich zur Zeit im Probebetrieb. Sie ist als zirkulierende Wirbelschicht in einer Linie ausgeführt und wird 90 t/h Prozeßdampf bereitstellen.

Tabelle 5 Als Brennstoffe sind folgende Abfälle vorgesehen:

vorgesehener Abfalleinsatz Mg/a	
Packstoffe	66.000
Siebüberlauf	11.000
Altholz	16.000
Rejecte	12.000
Klärschlamm	38.000
Rechengut	7.000
Summe	150.000

Zur Sicherung des vollständigen Ausbrandes wird in der Nachbrennkammer eine Temperatur von über 850°C mindestens 2 Sekunden lang eingehalten. Für die Entstaubung des

Rauchgases wird ein Gewebefilter eingesetzt. Die Aktivkoksudosierung im Feststoffraum vor dem Gewebefilter gewährleistet die sichere Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für Dioxine/Furane. Die zweistufige nasse Rauchgasreinigung minimiert die Emissionen an Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwermetallen und Schwefeldioxid. Stickoxide werden durch oxidative Zerlegung am DeNO<sub>x</sub>-Katalysator bei einer Temperatur von 250°C zerstört.

Die Stäube aus dem Gewebefilter und dem letztem Kesselzug, welche bei einer Temperatur von unter 400°C abgeschieden werden, werden in einem mit Erdgas und Heizöl befeuerten Drehrohr eine halbe Stunde lang bei 700°C thermisch nachbehandelt. Das Drehrohr ist für 1.000 kg Staub/h ausgelegt. Die Bettasche, die Kesselasche aus den ersten beiden Kesselzügen und die behandelten Stäuben werden gemeinsam obertägig deponiert.

### **Holzverarbeitende Industrie**

In der Studie „Thermische Verwertung und Behandlung von Holz- und Papierabfällen“ des BMfUJF [BMfUJF, 1996,] wird für die Holzverarbeitende Industrie für das Jahr 1995 eine Gesamtzahl von 200 betriebenen Feuerungsanlagen mit einer installierten Leistung von 400MW und einer Kapazität von 450.000 Mg/a für innerbetrieblich angefallene Abfälle, sowie 200.000 Tonnen pro Jahr für zugekaufte Brennstoffe angegeben. Die behördlich zugelassenen Abfallbrennstoffe sind dabei: naturbelassenes Holz, Rinde, Sägenebenprodukte, mit Bindemitteln verunreinigtes Holz, Span- und Faserplattenreste und imprägnierte Holzreste. Gebräuchliche Feuerungstechnologien sind Unterschubfeuerung, Rostfeuerung und Einblasfeuerung, seltener ist die Wirbelschichtfeuerung. Angewandte Rauchgasreinigungstechnologien sind im Wesentlichen Zyklone zur Staubabscheidung und Primärmaßnahmen zur Stickoxidminderung.

1995 betrug die Gesamtmenge an Holzreststoffen aus der Holzverarbeitenden Industrie 802.000 Tonnen. Die Autoren der Studie gehen davon aus, daß über 95% der insgesamt 1995 innerbetrieblich verwerteten Holzabfälle (464.000 Mg/a) verbrannt und thermisch genutzt werden, wohingegen nur 60% der 338.000 Tonnen pro Jahr außerbetrieblich verwerteten Holzabfälle energetisch und 40% stofflich verwertet werden.

### **Holzverarbeitendes Gewerbe**

Laut der Studie „Thermische Verwertung und Behandlung von Holz- und Papierabfällen“ des BMfUJF [BMfUJF, 1996] fallen im Holzverarbeitenden Gewerbe jährlich rund 106.000 Tonnen Holzreststoffe an. Davon werden nur etwa 3% oder 3.000 Tonnen pro Jahr, in erster Linie behandeltes Vollholz oder Holzwerkstoffe (Spanplattenreste), an Entsorgungsbetriebe abgegeben. 50% werden innerbetrieblich energetisch verwertet und 38% an Private weitergegeben. Der Großteil des Restholzaufkommens im Holzverarbeitenden Gewerbe fällt in den Innungsgruppen „Zimmermeister“, „Tischler“, „Karosseriebauer und Wagner“ sowie „Binder, Bürsten- und Pinselmacher, Drechsler, Holzbildhauer, Korb- und Möbelflechter, Spielzeughersteller“ an.

Das Holzverarbeitende Gewerbe nur zu einem geringen Teil erfaßt, wodurch daraus keine Aussagen über die thermische Verwertung innerbetrieblich anfallender Abfälle abgeleitet werden können.

### **Papier- und Zellstoffindustrie**

Die Kapazität der Feuerungsanlagen zur Papier- und Zellstoffindustrie betrug 1995 600.000 Tonnen pro Jahr für innerbetriebliche Abfälle und 400.000 Tonnen pro Jahr für zugekaufte Brennstoffe. Die thermische Leistung der 8 Anlagen betrug 500MW [BMfUJF, 1996]. Die behördlich zugelassenen Brennstoffe sind: Sägenebenprodukte, Rinde, Rück-

stände aus der Papiergewinnung und Altpapierverarbeitung, Deinkingschlämme, Klärschlämme, Papier, Pappe und Kartonagen. Bei der Feuerungstechnologie ist die Wirbelschicht vorherrschend. Zur Reduktion von Staub und Schwermetallen im Rauchgas sind Gewebe- oder E-Filter gebräuchlich, Stickoxidemissionen werden durch Primärmaßnahmen reduziert, Sekundärmaßnahmen werden nicht angewandt. Emissionen saurer Schadgase werden häufig (in 10 bis 50% der Feuerungsanlagen) durch trockene oder quasitrockene Verfahren vermindert [BMfUJF, 1996].

Berechnungen für das Jahr 1996 zeigen folgendes Ergebnis: 1.089.500 Tonnen der innerbetrieblich angefallenen Abfälle, 40.978 Tonnen an nicht innerbetrieblich angefallenen Abfällen, sowie 131.591 Tonnen Kohle, 8.572 Tonnen Heizöl und 187.000 m<sup>3</sup> Erdgas werden pro Jahr verbrannt, wobei 80.050 Tonnen Reststoffe anfallen [FTU, 1998].

### **Krankenhäuser und medizinischer Bereich**

Das „Branchenkonzept für Abfälle aus dem medizinischen Bereich - Möglichkeiten zur Vermeidung, Verwertung und Entsorgung“ [Reinthalder, Schmalz, Pfeiffer; 1992] (Stand: 1991) berichtet über 50 betriebene Feuerungsanlagen für die Verbrennung von innerbetrieblich angefallenen Abfällen. Eine weitere Studie [FTU, 1998] geht bei den erfaßten 13 Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 3,6MW von einer Erfassungsquote von 40-50% aus. Ermittelt wurde für 1996 die Verbrennung von 1.115 Tonnen innerbetrieblich angefallener Abfälle und 56 Tonnen nicht innerbetrieblich angefallener Abfälle, sowie der Verbrauch von 15 Tonnen Heizöl und 127.000 m<sup>3</sup> Erdgas. Bei der Verbrennung fielen 110 Tonnen Reststoffe an.

### **Zementindustrie**

In einer Studie von [Hackl, Mauschwitz, 1997] wurden alle Produktionsanlagen der Zementindustrie in Österreich erfaßt. Am 31.12.1996 waren demnach 11 Anlagen mit einer Klinkerkapazität von 4.541.000 Tonnen pro Jahr in Betrieb. In diesen 11 Anlagen wurden 1996 2.915.956 Tonnen Klinker gebrannt und daraus 3.779.074 Tonnen Zement erzeugt. Die eingesetzten Ofentypen (und deren Kapazität insgesamt) waren: 5 Lepolöfen (1.053.000 t Klinker/a), 6 Wärmetauscher-Drehrohröfen (1.712.000 t Klinker/a), 4 Wärmetauscher-Drehrohröfen mit Kalzinator (1.776.000 t Klinker/a).

Seit 1996 hat ein Werk mit einer Klinkerkapazität von 275.000 Tonnen pro Jahr den Ofenbetrieb eingestellt.

Tabelle 6 Anlagen zur Erzeugung von Zement in Österreich [Hackl, Mauschwitz, 1997]:

Anlagenbetreiber	Standort	Anlagentechnik	Klinkerkühler	Entstaubung	Brennstoffe	Klinkerkapazität 31.12.1996 [t/a]	geschätzte Abgasmenge [m <sup>3</sup> /h]
SPZ Zementwerk Eiberg GmbH&CoKG	Kufstein	2strang. 4stufig. WT-DO mit Calz. Ausbr.	1 Rostkühler	2 E-Filter, Schlauchfilter	Steinkohle, Heizöl S, Altreifen, Altöl (intern)	400.000	160.000
Zementwerk Leube GmbH Gartenau	Gartenau	2 vierstufige WT- DO, DO II mit Vorcalz.	2 Schrägrost- kühler	2 E-Filter	Steinkohle, Braunkohlenstaub, Heizöl S	576.000	230.000
Gmundner Zementwerke Hans Hatschek AG	Gmunden	5stufiger WT-DO	Satellitenkühler	2 E-Filter in Serie	Braunkohlenstaub, Heizöl S, Erdgas, Altreifen, Altöl, Lösungsmittel	512.000	125.000
Kirchdorfer Zementwerk Hofmann GmbH	Kirchdorf	2 vierstufige WT-DO	2 Schrägrost- kühler	3 E-Filter	Steinkohle, Erdgas	368.000	145.000
Perlmoser Zementwerke AG	Kirchbichl	Lepolverfahren 2 DO	2 Rohrkühler	je 1 E-Filter und 1 Tuchfilter	Steinkohle, Erdöl	275.000 stillgelegt 1997	-
Vorarlberg Cement Lorüns GmbH	Lorüns	vierstufiger WT-DO	Rohrkühler	1 E-Filter	Steinkohle, Erdöl	stillgelegt am 29.02.1996	-
Perlmoser Zementwerke AG	Mannersdorf	2strang. 5stufiger WT-DO mit Vorcalzinator	1 Rostkühler	5 E-Filter	Steinkohle, Erdöl, Braunkohlenstaub, Kunststoffabfälle, Altöl (intern)	768.000	305.000
Wiiersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH	Peggau	Lepolverfahren 2 DO	2 Rostkühler	je 1 E-Filter	Steinkohle, Petrolkoks, Erdgas, Altöl, Lösungsmittel	442.000	175.000
Perlmoser Zementwerke AG	Retznei	vierstufiger WT-DO	Rostkühler	2 E-Filter	Steinkohle, Petrolkoks, Heizöl S, Altreifen, Kunststoffabf., Altöl (intern)	384.000	152.000
Perlmoser Zementwerke AG	Rodaun	vierstufiger WT-DO	Rohrkühler	1 E-Filter	Steinkohle, Heizöl S, Altreifen, Altöl (intern)	stillgelegt am 18.08.1995	-
Schretter & Cie	Vils	4stufiger WT-DO (zus. 1 Lepolofen)	2 Rostkühler	Multiklon und E-Filter	Braunkohlenstaub, Heizöl S, Altreifen	256.000	100.000
Wiiersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH	Wiiersdorf	Lepolverfahren 1 DO	Rostkühler	1 E-Filter	Steinkohle, Petrolkoks, Heizöl S, Altreifen, Kunststoffabfälle	320.000	110.000
Wopfinger Stein- und Kalkwerke Schmid & Co.	Wopfing	5stufiger WT-DO mit Vorcalzinator	Rostkühler	E-Filter und Kiesbettfilter	Heizöl S, Erdgas, Petrolkoks, Kunststoffabfälle	240.000	95.000

Tabelle 7 Für die Bereitstellung der Energie wurden in Anlagen zur Zementherstellung 1996 die folgenden konventionellen Energieträger und Abfälle, sogenannte „Ersatz-Brennstoffe“, eingesetzt [Hackl, Mauschwitz, 1997]:

Konventionelle Energieträger	Ersatz-Brennstoffe	
	t/a	GJ/a
Steinkohle	181.944	5.403.080
Braunkohlenstaub	8.700	191.176
Heizöl L	814	33.719
Heizöl M	62	2.548
Heizöl S	54.720	2.158.188
Sonstige	0	0
Summe	246.240	
Erdgas [1000Nm <sup>3</sup> /a]	8.125	296.016
Summe		8.084.727

Ersatz-Brennstoffe	Konventionelle Energieträger	
	Mg/a	GJ/a
Altreifen	25.110	632.549
Kunststoffabfälle	16.370	479.632
Petrolkoks	4.095	131.654
Altöl	25.719	889.735
Lösungsmittel	2.673	74.039
Tallölpech	91	3.367
Papierfaserreststoff	25.250	79.285
Sonstige	4.823	6.058
Summe	104.131	2.296.319

Der Anteil an Abfällen an der insgesamt aufgebrauchten Energiemenge betrug 1996 im Durchschnitt 22%.

Ein besonderes Merkmal der Zementherstellung ist die Tatsache, daß keine festen oder flüssigen Abfälle anfallen, da die Filterstäube als Zuschlagstoff mit dem Klinker zu Zement gemahlen werden (oder in den Prozeß zurückgeführt werden) und eine nasse Rauchgasreinigung nicht durchgeführt wird.

Zur Emissionsminderung kommen in Anlagen der österreichischen Zementindustrie Elektrofilter zur Entstaubung zum Einsatz. Schwefeldioxid, das bei der Primär- oder Sekundärfeuerung entsteht, wird im Wärmetauscher abgeschieden. SO<sub>2</sub>, CO und organische Schadstoffe, die durch Entgasung beim Trocknen des Rohmehls freigesetzt werden, werden vollständig mit dem Rauchgas emittiert. Die Höhe der SO<sub>2</sub>-Emissionen hängt im Wesentlichen von der Zusammensetzung des Rohmehls ab. Die größten Umwelteinwirkungen aus Anlagen zur Zementerzeugung stellen die großen Mengen an Stickoxiden, welche aufgrund der - prozeßbedingt nötigen - sehr hohen Verbrennungstemperatur von 2000°C entstehen, und Kohlenmonoxid aus der Trocknung des Rohmaterials dar. Katalysatoren zur Minderung von Stickoxiden kommen in Anlagen zur Zementerzeugung nicht zum Einsatz, derzeit laufen Versuchsbetriebe mit Teilmengen des Abgases in einigen Anlagen. 1996 emittierten die Anlagen zur Zementerzeugung 148 Tonnen Staub (50 g/t Klinker oder 14,2 mg/MJ eingesetzte Energie), 4.714 Tonnen Stickoxid (1,6 kg/t Klinker oder 454 mg/MJ), 7.992 Tonnen CO (2,7 kg/t Klinker oder 983 mg/MJ) und 1.236 Tonnen SO<sub>2</sub> (0,4 kg/t Klinker oder 119 mg/MJ) [Hackl, Mauschwitz, 1997].

### 3 BAT-STUDIE ZEMENT [STUBENVOLL, 1998]

Anlagen zur Zementerzeugung bestehen zum Teil aus schweren Maschinenbaukomponenten wie Mahlanlagen und Drehrohr und aus relativ einfach zu fertigenden Apparaten aus verstärkter Blechkonstruktion wie Zyklonen, Elektrofilter und Sprühkühler. Die durchschnittliche Lebensdauer der Komponenten eines Zementwerkes beträgt mehrere Jahrzehnte. An bestehenden Zementwerken erfolgen meist nur mehr Nachrüstungen oder Umbauten. Ein kompletter Austausch einer Produktionslinie wird in Mitteleuropa nur in den seltensten Fällen durchgeführt. Ein Ersatz der bestehenden Anlagen durch Neuanlagen würde daher Jahrzehnte dauern.

**Bezüglich des Einsatzes von Abfällen in Anlagen zur Erzeugung von Zement können folgende allgemeine Feststellungen getroffen werden:**

1. Die klassischen Einsatzstoffe Kalkstein, Mergel und Ton sind ungefährliche, in der Natur häufig vorkommende Rohstoffe.
2. Als relevante Umweltauswirkungen gelten der Energiebedarf und luftseitige Emissionen.
3. Abfälle aus anderen Industriezweigen können bei der Herstellung von Zement behandelt werden.
4. Die Grenzen zwischen einem sinnvollen Einsatz für bestimmte Abfallstoffe in der Zementindustrie oder in anderen Verwertungs- oder Entsorgungsverfahren sind im Einzelfall zu klären.
5. Organisch kontaminierte, mahlbare oder flüssige Abfallbrennstoffe können in der Primärfeuerung eingesetzt werden, auch wenn sie einen hohen Schwefelgehalt aufweisen.
6. Mit Schwermetallen oder Halogenen verunreinigte Abfälle sind bei Einsatz in der Zementerzeugung hinsichtlich ihrer langfristigen Auswirkungen auf den Gesamtprozeß sorgfältig zu überprüfen.
7. Bei Einsatz von Abfällen in der Sekundärfeuerung sind Maßnahmen zur Sicherung der Verbrennungsqualität und deren Überprüfung zu setzen.

8. Die Forderung nach weniger gefährlichen Einsatzstoffen stellt sich bei der Zementproduktion hauptsächlich bei Einsatz von Abfällen und schwefel- und kohlenstoffhaltigen Rohstoffen, wobei das Wort gefährlich sinngemäß durch emissionsrelevant zu ersetzen wäre.

### 3.1 Maßnahmen zur Emissionsminderung von Staub

Als Primärmaßnahme zur Emissionsminderung von Staub sollen möglichst geschlossene Systeme angestrebt werden. Dies ist im Bereich des Klinkerkühlers weitestgehend möglich, wenn die Abgase aus der Klinkerkühlung als Verbrennungsluft für die Primär- und Sekundärfeuerung verwendet werden, nicht aber bei offenen Prozessen wie dem Brennprozeß.

Durch den Einsatz moderner Filteranlagen kann auch die Staubemission aus dem Brennprozeß auf ein vernachlässigbares Minimum herabgesetzt werden. Bei Einsatz von Gewebefiltern können die Staubemissionen deutlich unter  $5 \text{ mg/Nm}^3$  tr. bezogen auf 10 %  $\text{O}_2$  gehalten werden. Mit ausreichend dimensionierten Elektrofiltern werden bei guter Abgaskonditionierung  $5 - 15 \text{ mg/Nm}^3$  tr. bezogen auf 10 %  $\text{O}_2$  erreicht, das entspricht ca. 12 - 35 g / Tonne Klinker. Beim Einsatz von Gewebefiltern ist auf die Einhaltung von Temperaturobergrenzen genau zu achten, da ansonsten das Gewebe der Filterschläuche zerstört würde. Diesbezügliche Probleme können beim Ausfall eines Mahltrockners auftreten. In solchen Fällen kann die Rauchgastemperatur im Filter von normalerweise  $100 - 150^\circ\text{C}$  kurzfristig – bis zum Einsetzen von Sprühkühlern - auf bis zu  $300^\circ\text{C}$  steigen. Dies ist beim Einsatz von Gewebefiltern durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.

Die abgeschiedenen Stäube werden üblicherweise in der Zementproduktion verwertet oder in den Brennprozeß zurückgeführt.

In den wesentlichen Positionen arbeitet ein Elektrofilter um ca. 3 ATS/Tonne Klinker günstiger als ein Gewebefilter oder anders ausgedrückt: Die Verbesserung des Reingasstaubgehaltes von ca.  $5 - 15 \text{ mg/Nm}^3$  tr. bezogen auf 10 %  $\text{O}_2$  auf ca.  $1-2 \text{ mg/Nm}^3$  tr. bezogen auf 10 %  $\text{O}_2$  kostet ca. 3 ATS/Tonne Klinker.

### 3.2 $\text{NO}_x$ – Emissionen bei der Erzeugung von Zement

Bei einem Vergleich der Technologien, die bei der Erzeugung von Zement im Hinblick auf die Stickoxidemissionsminderung eingesetzt werden und den Einsatz vergleichbarer Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im industriellen Maßstab erprobt wurden, ergibt sich folgendes Bild:

#### In der Zementindustrie großtechnisch eingesetzte Techniken

Die Bildung von  $\text{NO}_x$  kann durch folgende prozeßtechnische Maßnahmen wesentlich vermindert werden:

- Geringe Rauchgasmenge durch energetische Optimierung des Klinkerbrandprozesses
- Hohe Vorentsäuerung vor dem Drehrohr, um einen möglichst geringen Anteil der Energiezufuhr über die Primärfeuerung einbringen zu müssen
- Einsatz von  $\text{NO}_x$ -armen Brennern
- Gestufte Verbrennung in der Sekundärfeuerung

Mit diesen Maßnahmen ist eine Emission von ca.  $500 - 800 \text{ mg/Nm}^3$  bezogen auf 10 %  $\text{O}_2$  oder  $1,15 - 1,84 \text{ kg/t}$  Klinker erreichbar. Durch Einsatz eines *SNCR-Verfahrens* (selective

non catalytic reduction) kann die Emission auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes reduziert werden, ohne daß negative Auswirkungen auf den Klinkerbrand auftreten.

### In vergleichbaren Anwendungsfällen erprobte Techniken

SCR (selective catalytic reduction) - Anlagen sind sowohl als Tail-End-Anlagen (Katalysator nach dem Staubfilter; Reingassschaltung), als auch als im Prozeß integrierte Anlagenteile (Katalysator vor der Staubabscheidung; Rohgassschaltung) bei Kraftwerken und in Abfallverbrennungsanlagen in gleicher Größe und unter vergleichbaren Randbedingungen erprobt. Während SCR-Anlagen für den Einsatz im entstaubten Abgas nach Zementanlagen von mehreren Firmen auf der Basis von Erfahrungen aus vergleichbaren Anwendungsfällen angeboten werden, werden für prozeßintegrierte Schaltungen Pilotanlagen zur Absicherung der jeweiligen Auslegungsgrundlagen benötigt. Derzeit sind mehrere Pilotanlagen in Betrieb.

#### 3.2.1 Kosten für die SCR-Technologie

Die Kosten für SCR in Reingassschaltung können z. B. aus SCR-Anlagen in der Abfallentsorgung abgeschätzt werden. Als Basis wird eine Anlage mit einem Gasdurchsatz von 100.000 Nm<sup>3</sup>/h nach E-Filter, was gleichbedeutend mit einer Abgasmenge von 70.000 Nm<sup>3</sup>/h nach Zyklonwärmetauscher ist, und einer NO<sub>x</sub>-Minderung von 1.000 auf 200 mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf 10 % O<sub>2</sub> bei einer Ausgangstemperatur von ca. 100°C zugrunde gelegt. Vereinfachend wurde angenommen, daß diese Anlagengröße einer Produktionskapazität von ca. 300.000 Tonnen Klinker pro Jahr (43 Tonnen pro Stunde) entspricht. Eine detaillierte Aufstellung der Berechnungsgrundlagen findet sich in [Stubenvoll, 1998].

Tabelle 8 Übersicht über Maßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Minderung

Verfahrenskombinationen	Erreichbarer Emissionswert		Zusätzliche Prozeßkosten
	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t Klinker	ATS/t Klinker
Feuerungstechnische Maßnahmen *	500 - 800	1,15 - 1,84	
SNCR-Verfahren (Neu und Nachrüstung)	500 - 800	1,15 - 1,84	11 - 12
Feuerungstechnische Maßnahmen + SNCR-Verfahren *	300 - 500	0,69 - 1,15	11 - 12
Feuerungstechnische Maßnahmen + SCR-Verfahren *	100 - 200	0,23 - 0,46	17 - 30 **
SCR-Verfahren als Nachrüstung	100 - 200	0,23 - 0,46	28 - 36
Aktivkohle-Verfahren als Nachrüstung	200	0,46	40 - 45

\* ... Nachrüstung nur mit aufwendigen Umbaumaßnahmen und Kapazitätsvergrößerung

\*\* ... Kostenabschätzung in UBA-IB-556

Die in Tabelle 8 angegebenen Kosten für die angegebenen Verfahrenskombinationen können natürlich nur einen groben Richtwert darstellen. Sie stimmen jedenfalls in der Relation für die einzelnen Verfahren.

Bei größeren Anlagen ist mit etwas geringeren spezifischen Kosten zu rechnen. Grundsätzlich kann die Aussage getroffen werden, daß bei einer Nachrüstung für eine Minderung auf einen Grenzwert von 100 - 200 mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf 10 % O<sub>2</sub> etwa der 2-3-fache Kostenaufwand gegenüber einer Minderung auf 500 mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf 10 % O<sub>2</sub> zu tätigen ist. Da bei Neuanlagen und Nachrüstungen von Kalzinatoren eine Vielzahl von anlagenspezifi-

schen Kosten und Einsparungen wie Energiekosten, Kapazitätserweiterung, vermehrter Einsatz kostengünstiger Brennstoffe eine Rolle spielen, kann für derartige Maßnahmen keine allgemeingültige Kostenabschätzung durchgeführt werden.

Tabelle 9 Kostenvergleich für katalytische Entstickung im Reingas und im Rohgas

	Reingasschaltung		Rohgasschaltung	
	Berechnungsgrundlage	ATS / t Klinker	Berechnungsgrundlage	ATS / t Klinker
NO <sub>x</sub> - Minderung (10% O <sub>2</sub> )	1000 -> 200 mg/Nm <sup>3</sup>		1000 -> 200 mg/Nm <sup>3</sup>	
Investkosten	ATS 40.000.000,--*		ATS 33.000.000,--*	
Anteilige Investkosten		12,4** / 19,3***		10,2 # / 15,9##
Katalysatoren	Standzeit 10 Jahre	1,7	Standzeit 3 Jahre	6,7
Wartung und Verschleiß		3,3		2,8
Personalkosten		0,5		0,5
Behandelter Volumenstrom	2,3 Nm <sup>3</sup> /kg Klinker		1,5 Nm <sup>3</sup> /kg Klinker	
Druckverlust	25 mbar		8 mbar	
Abreinigungskosten			Rußbläser	2,0
Energie für Wiederaufheizung	77,6 MJ/t Klinker	3,1	0	0
Elektrische Energie	3,3 kWh/t Klinker	3,0	0,9 kWh/t Klinker	0,8
NH <sub>4</sub> OH, 25 %-ig	2,7 kg/t Klinker	4,8	2,7 kg/t Klinker	4,8
<b>bewertete Gesamtkosten</b>	1000 -> 200 mg/Nm <sup>3</sup>	<b>28,8 / 35,7</b>		<b>27,8 / 33,5</b>
<b>bewertete Gesamtkosten</b>	1000 -> 100 mg/Nm <sup>3</sup>	<b>34,6 / 42,9</b>		<b>33,4 / 40,3</b>

\* ..... Schwankungsbreite: +/- 10%

# ..... 29,7 Mio. bei 6% Zinssatz

\*\* ..... 36 Mio. bei 6% Zinssatz

## ..... 44 Mio. bei 10% Zinssatz

\*\*\* .... 44 Mio. bei 10% Zinssatz

Durch Einsatz eines SCR-Verfahrens sind Reingaswerte deutlich unter 200 mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf 10 % O<sub>2</sub> erreichbar.

Der Unterschied in den Gesamtkosten zwischen Roh- und Reingasschaltung ist minimal.

Der Entfall der Kosten für die Wiederaufheizung, der geringere Druckverlust und die geringeren Investkosten bei einem Katalysator in Rohgasschaltung werden durch die erhöhten Kosten für die Katalysatoren und deren Abreinigung fast egalisiert. Die mit hoher Wahrscheinlichkeit notwendigen Stillstandszeiten für periodische Abreinigung der Katalysatoren sind in Tabelle 9 nicht berücksichtigt.

Bei größeren Anlagen mit einem Abgasvolumenstrom von ca. 200.000 Nm<sup>3</sup>/h vermindern sich die spezifischen Investkosten auf weniger als 70 %, was insgesamt eine Verminderung um mehr als 4 ATS/Tonne Klinker bedeutet. Alle anderen spezifischen Kosten bleiben etwa gleich.

Mit einer Kostensteigerung um ca. 10% ist zu rechnen, wenn die angegebenen Bezugswerte (Minderung von 1.000 mg NO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup> auf 200 mg NO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup> als Basis der Kostenabschätzung) anstatt als Jahres- oder Tagesmittelwert als Halbstundenmittelwert eingehalten werden müssen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Entwicklungsstand der Technologien für Emissionswerte von 100 - 200 mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf 10 % O<sub>2</sub> oder weniger als 0,46 kg/t Klinker nicht der limitierende Faktor ist.

### Minderungspotential durch die Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen

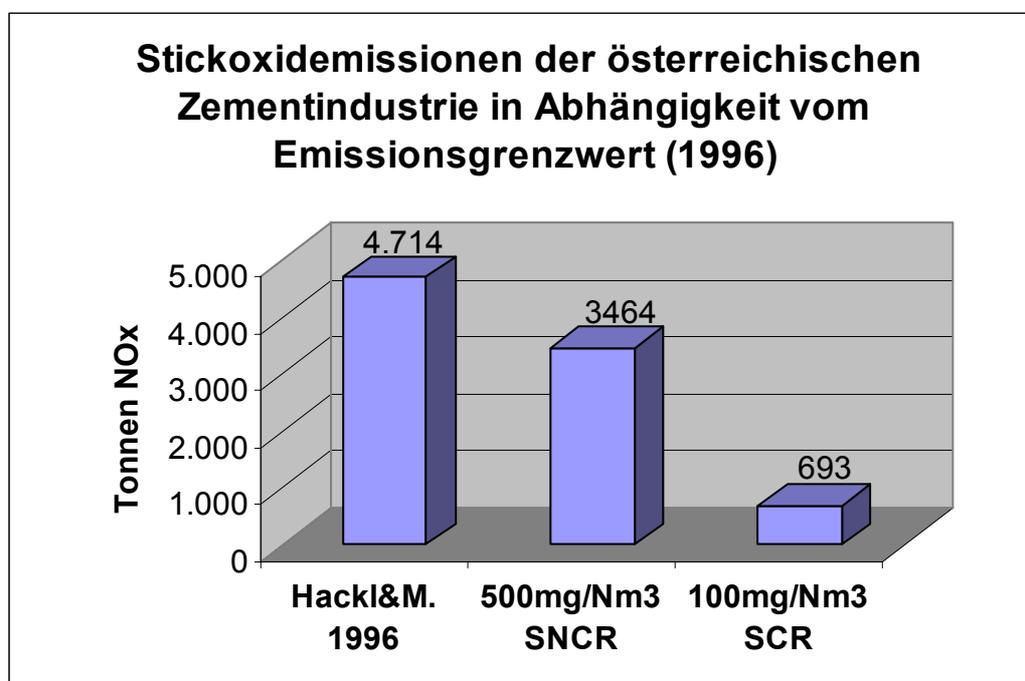
Das Minderungspotential durch die Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen in der österreichischen Zementindustrie wurden auf Basis der Daten aus der Studie von [Hackl, Mauschwitz, 1997] wie folgt abgeschätzt [Schindler, 1998]:

1996 wurden von Zementanlagen 4.714 Tonnen NO<sub>x</sub> bei einem Abgasvolumenstrom von 6.2915.328.000 Nm<sup>3</sup> emittiert. Diese Werte sind die Basis der berechneten NO<sub>x</sub>-Emissionsmenge für verschiedene Emissionsgrenzwerte.

*Tabelle 10 NO<sub>x</sub>-Minderungspotential bei der österreichischen Zementindustrie*

Emissionsgrenzwert	Emittierte Menge	Minderungspotential	Minderung [%]
100 mg/Nm <sup>3</sup>	693 Tonnen NO <sub>x</sub> /a	4.021 t NO <sub>x</sub> /a	85% durch SCR
500 mg/Nm <sup>3</sup>	3.464 Tonnen NO <sub>x</sub> /a	1.250 t NO <sub>x</sub> /a	27% durch SNCR

*Abbildung 2 NO<sub>x</sub>-Minderungspotential bei der österreichischen Zementindustrie*



Auf das Bezugsjahr 1985 berechnet, hat die österreichische Zementindustrie 1996 ihre Emissionen um 27% (1985: 6.426t) reduziert. Laut Ozongesetz sollte bis Ende 1996 eine Minderung um 40% des Wertes von 1985 erfolgen; bis Ende 2001 sollte eine Minderung um 60% erfolgen. Diese Ziele würden auch bei Einsatz von SNCR-Technik nicht erreicht.

Bei Einsatz von SCR-Technologie und einem Grenzwert von 100 mg/Nm<sup>3</sup> würde für die Zementindustrie gegenüber 1985 eine Minderung um 89% erreicht; das entspräche einer Reduktion um 19% der gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen aus der österreichischen Industrie von 1985.

## 4 LITERATUR

- BMfUJF, 1996, „Thermische Verwertung und Behandlung von Holz- und Papierabfällen“, Schriftenreihe der Sektion III des BMfUJF.
- Fehringer R., Rechberger H., Pesonen H.-L., Brunner P.H.; 1997, „Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der thermischen Verwertung von Abfällen in Österreich (ASTRA)“, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
- FTU Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz GmbH, 1998, „Studie zur Ermittlung der in Österreich bestehenden und geplanten Anlagenkapazitäten zur innerbetrieblichen Verbrennung oder Mitverbrennung nicht gefährlicher Materialien (Abfälle), Teil 1.
- Kossina I., „Energetische Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen“, Vortrag im Rahmen der UTECH Berlin 1998, UBA-BE-112, Februar 1998
- Lahl U., Zeschmar-Lahl B., Stubenvoll J., Kossina I., Zehetner G., 1997, „Restmüllverbrennung in Anlagen zur Zementerzeugung“, Bericht des Umweltbundesamtes Wien, BE-097.
- ÖNORM S2108, 1998 „Zuordnung von Abfällen zur thermischen Behandlung und Verwertung“, 2. Entwurf, 1. September 1998, Österreichisches Normungsinstitut.
- Onz C., Bradac S., Hammer-Kossina I., Zehetner G., 1996, „Umsetzung der EU-Richtlinie 94/67/EG über die Verbrennung gefährlicher Abfälle“, Interner Bericht des Umweltbundesamtes Wien, UBA-IB-533.
- Onz C., Hammer-Kossina I., Zehetner G., 1996, „Das Recht der Verbrennung von Abfällen in der EU und in Österreich“, Interner Bericht des Umweltbundesamtes Wien, UBA-IB-538.
- Reinthal F.F., Schmalz H., Pfeiffer K., 1992, „Branchenkonzept für Abfälle aus dem medizinischen Bereich“, BMfUJF.
- Schindler I., 1998, „Einsatz von Katalysator (SCR)-Technologie in Zementwerken“, Internetmeldung des Umweltbundesamtes vom 23.07.1998.
- Stubenvoll J., 1998, „Fachgrundlagen zur Erarbeitung eines BAT-Dokumentes über Zementherstellung“, UBA-Monographien Band 105, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, September 1998