

A. Böhlmann, Entstaubungstechnik Schwarzenberg GmbH

W. Föhlisch, Wolfgang Föhlisch Verbrennungsanlagen und Automatisierungstechnik

S. List

Langzeiterfahrungen und Tendenzen bei der Staub- und Dioxinabscheidung in Krematorien

1 Allgemeines

Als umweltrelevante Emissionen aus Krematorien werden neben Staub Kohlenmonoxid, Stickstoff- und Schwefeloxide, Kohlenwasserstoffe, anorganische Chlor- und Fluorverbindungen, Schwermetalle und Dioxine/Furane angesehen. Seit Veröffentlichung der VDI-Richtlinie 3891¹ (1992) wird den Emissionen aus Einäscherungsanlagen in Deutschland verstärkt Beachtung geschenkt. In den folgenden Jahren wurden Emissionsgrenzwerte für diese Anlagen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens von den zuständigen Genehmigungsbehörden festgelegt. Dies führte zu unterschiedlicher Behandlung in den verschiedenen Bundesländern. Mit der 27. BImSchV² wurden die Anforderungen bundeseinheitlich festgelegt und für neu errichtete Einäscherungsanlagen verbindlich. Bis zum 30.04.2000 sind auch Altanlagen umzurüsten. Tab. 1 zeigt die Entwicklung der Grenzwerte.

		VDI 3891 08/92	17. BImSchV 11/90	Sachsen 08/94	Brandenburg 02/95	27. BImSchV 03/97
		h-Mittel+	Tagesmittel	Stundenmittel		
Staubförmige Stoffe	mg/m ³	33,3	30*/10	10	10	10
Quecksilber	µg/m ³		50	200	50	
CO	mg/m ³	108,3	100*/50	100/50**	50	50
Organische Stoffe	mg/m ³	20,8	20*/10	10	10	20
Stickstoffoxide	mg/m ³		200	200	200	
Schwefeloxide	mg/m ³		50	100	100	
anorg. Chlorverb.	mg/m ³	58	10	30	30	
anorg. Fluorverb.	mg/m ³	2,5	1	2	2	
PCDD/F ***	ng TE/m ³		0,1	1 Ziel 0,1	0,1	0,1

+) bez. auf 1200 Nm³/h *) Halbstundenmittel, **) Tagesmittel, ***) Mittelwert über Probenahmedauer

Tab. 1: Entwicklung der Grenzwerte für Einäscherungsanlagen

Die Grenzwertfestlegungen tragen den bisherigen Erfahrungen Rechnung, wonach bei den üblichen Einäscherungsöfen mit Rauchgasentstaubung Emissionen saurer Schadstoffe durch Primärmaßnahmen (Vermeidung des Eintrags), Stickoxidemission durch den Einsatz von NO_x-armen Gasbrennern und Schwermetallemissionen durch hochwirksame Entstau-

bung bei Temperaturen unterhalb von 220 °C ausreichend gemindert werden³. Die Grenzwerte für Kohlenmonoxid und organische Kohlenwasserstoffe lassen sich allein durch feuerungstechnische Maßnahmen einhalten. Es ist erkennbar, daß die 27. BImSchV im wesentlichen auf die Begrenzung der Dioxin/Furan-Emission abzielt. Dazu sind in jedem Fall weitergehende Maßnahmen zur Rauchgasreinigung erforderlich.

Nach einer Umfrage unter Krematoriumsbetreibern⁴ sind in den ca. 110 Krematorien in Deutschland erst 43 % der Anlagen mit erweiterter Rauchgasreinigungstechnik zur Dioxin/Furan-Minderung ausgerüstet (Stand Anfang 1999). Dabei überwiegen Adsorptionsverfahren und Verfahren mit Katalysator. 57 % der Anlagen werden den neuen Anforderungen noch nicht gerecht. Bild 1 zeigt die Anteile der üblichen Verfahren.

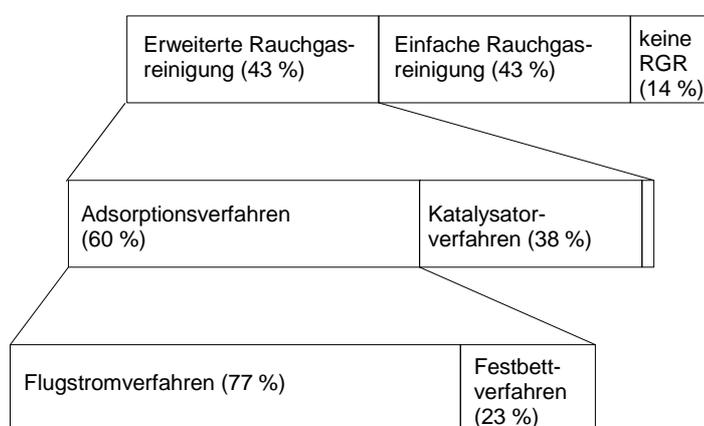


Bild 1: Stand der Ausrüstung der deutschen Krematorien

Man kann vermuten, daß die vom Gesetzgeber vorgesehene Übergangszeit von 3 Jahren für die Entscheidungsprozesse in den Kommunen, die Planung der Anlagen, die Durchführung der Ausschreibungsverfahren und nicht zuletzt die Realisierung zu knapp angesetzt war. Es ist damit zu rechnen, daß Ausnahmegenehmigungen für den befristeten Weiterbetrieb noch nicht umgerüsteter Anlagen erteilt werden.

Mit der Erhöhung der Anforderungen an die Abgasreinigung und noch mehr nach ersten Informationen zur Erarbeitung der 27. BImSchV wurde klar, daß in vielen Krematorien Deutschlands Ertüchtigung bzw. Ersatz der Einäscherungsanlagen erforderlich wird. Dies führte auch im Lager der Anlagenhersteller zu Veränderungen. Zu den etablierten Herstellern von Einäscherungsöfen kamen neue Anbieter hinzu. Die Kostenschwerpunkte verlagerten sich weg vom Einäscherungssofen hin zur Rauchgasreinigungs- und Automatisierungstechnik. Von den Kommunen wurden wegen der komplexen Anlagentechnik für Planung, Durchführung des Auswahlverfahrens und Überwachung der Realisierung der Umbaumaßnahmen häufig Planungsbüros eingebunden.

Zur Zeit wird die VDI-Richtlinie 3891 überarbeitet. Neben der Anpassung an die 27. BImSchV ist besonders die Darstellung der möglichen Verfahren zur weitergehenden Rauchgasreinigung zu ergänzen.

2 Betriebserfahrungen Festbettfilteranlagen

Seit Juni 1996 sind im Krematorium Potsdam zwei Einäscherungsanlagen (Entstaubungstechnik Schwarzenberg GmbH, Wolfgang Föhlich Verbrennungsanlagen und Automatisierungstechnik) in Betrieb. Bild 2 zeigt den Aufbau der Einäscherungsanlagen mit Etagenofen, Rauchgaskühlung, Entstaubung im Gewebefilter und nachgeschaltetem Festbettfilter zur Dioxin/Furan-Abscheidung.

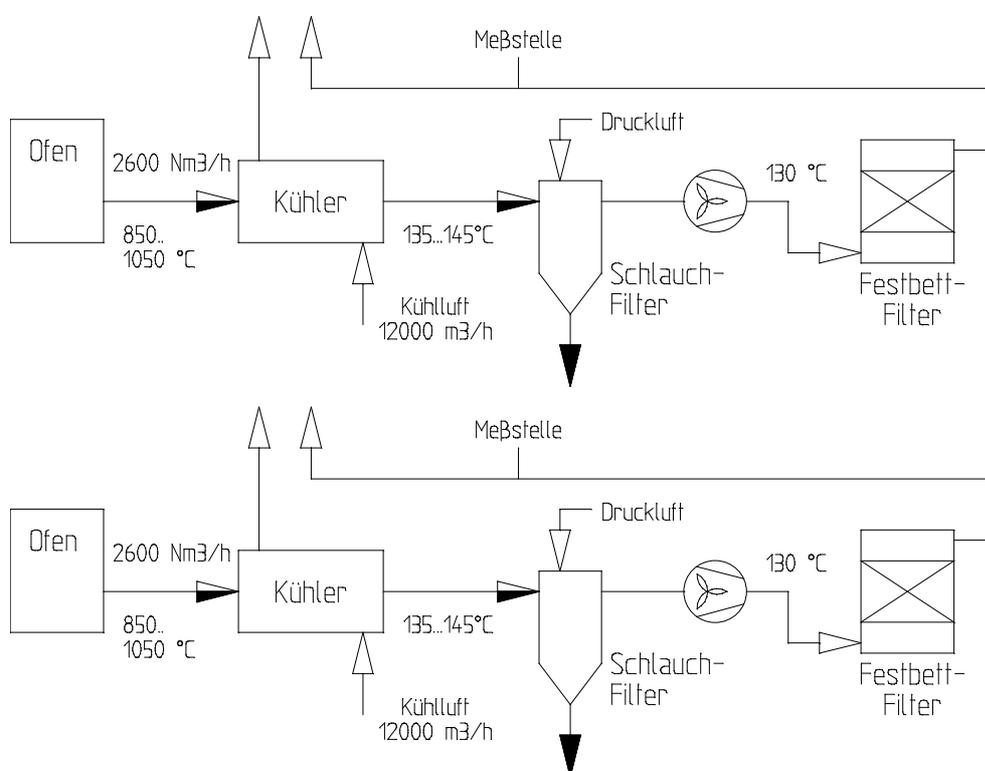


Bild 2: Schema der Einäscherungsanlagen im Krematorium Potsdam

Hinsichtlich der Emissionen wurden bisher folgende Erfahrungen gemacht:

Die Abnahmemessungen erfolgten im November/Dezember 1996 nach 5-monatigem Betrieb durch das ILK Dresden. Alle Grenzwerte der 27. BImSchV wurden deutlich unterschritten (Bild 3). Die Emissionskonzentrationen von sauren Schadgasen und Quecksilber liegen ebenfalls weit unter den ehemaligen Grenzen. Die Nachschaltung des Festbettfilters führt auch zu einer wesentlich geminderten Staubemission⁵.

Zur Beurteilung der Abscheideleistung der Festbettfilter vor und nach einem Wechsel der Adsorbenschüttungen nach 1,5 Jahren wurden im Januar bzw. Februar 1998 weitere Emis-

sionsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen, daß die Emissionsgrenzwerte mit Aktivkoks (Rheinbraun) auch nach 1,5 Jahren deutlich unterschritten werden. Der Anstieg der Emission während der Betriebsdauer ist, bezogen auf den Grenzwert, gering (Bild 4).

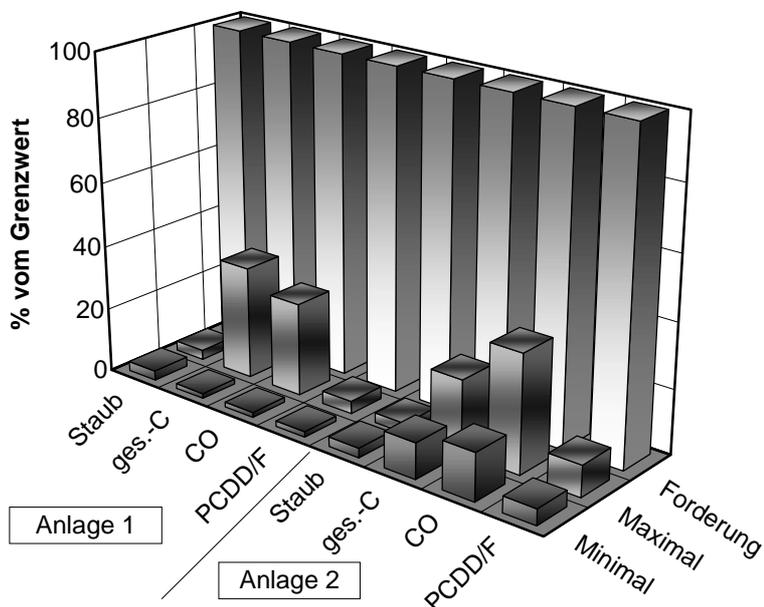


Bild 3: Emissionskonzentrationen im Vergleich mit den Grenzwerten (Abnahmemessung)

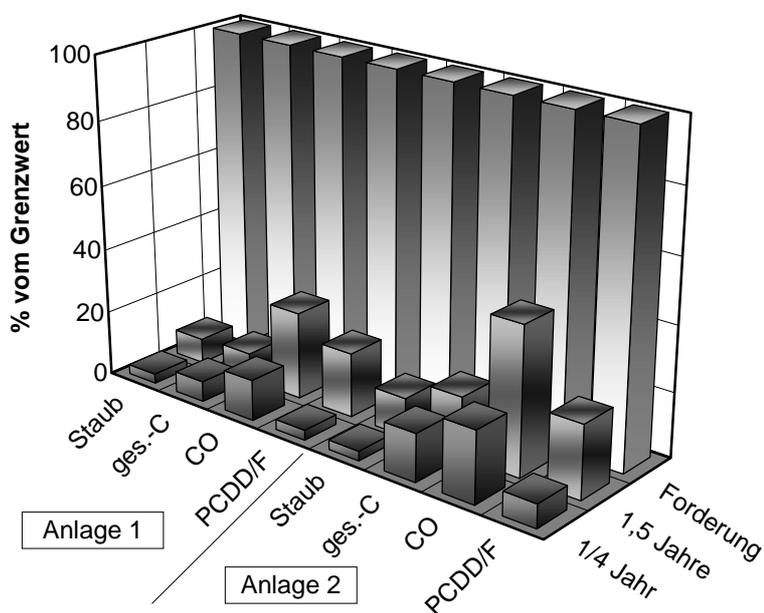


Bild 4: Emissionskonzentrationen nach 1,5 Jahren Betrieb im Vergleich mit Ergebnissen der Abnahmemessung und den Grenzwerten (Mittelwerte)⁶

Nach 1,5 Jahren wurden die Schüttungen ausgetauscht. Eingesetzt wurde nunmehr ein Adsorbens, welches neben adsorptionsaktivem Kohlematerial ein Inertmaterial enthält (Lurgi). Damit wird einer möglichen Selbstentzündung vorgebeugt. Größere Absiebung des neuen Adsorbens führt wegen geringerem Druckverlust direkt zur Einsparung von Energie bzw. erhöht die Reserven der Anlagen für Fälle extrem hoher Rauchgasmengen. Die Veränderungen des Emissionsverhaltens der Einäscherungsanlagen durch den Einsatz des neuen Adsorbens sind, gemessen am Grenzwert und unter Berücksichtigung der Erhöhung der Betriebssicherheit, als relativ gering einzuschätzen (Bild 5).

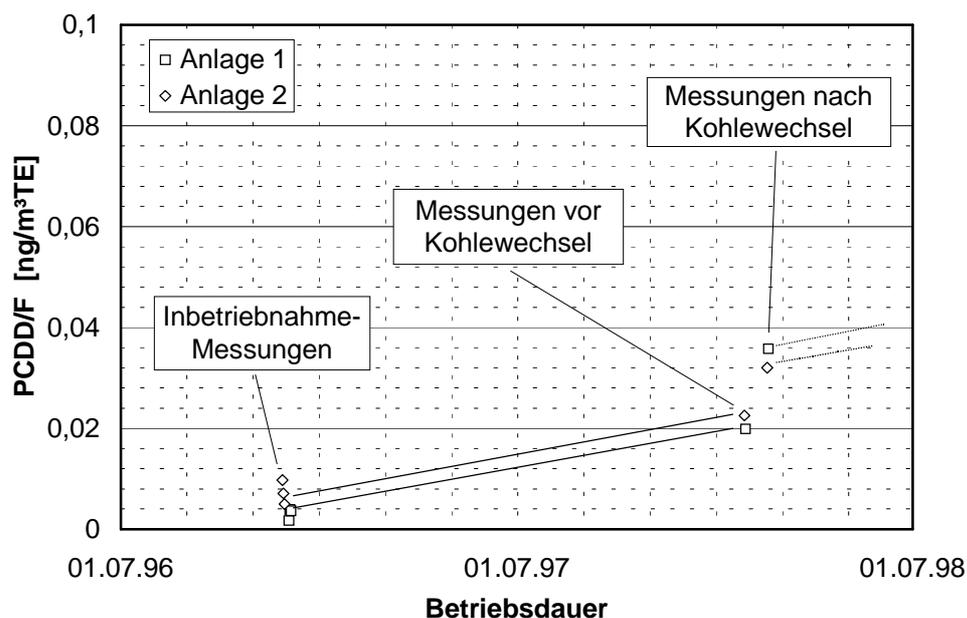


Bild 5: Zeitlicher Verlauf der Dioxin/Furan-Emissionen

Die Einäscherungsanlagen im Krematorium Potsdam werden überwiegend 2-schichtig betrieben (6:00...18:00 Uhr), jährlich werden ca. 5000...6000 Einäscherungen durchgeführt. Die Betriebserfahrungen mit der Anlagentechnik können nach 3-jährigem Betrieb wie folgt zusammengefaßt werden:

- Die Abnutzung der feuerfesten Ausmauerung des Einäscherungsrofens bewegt sich bezogen auf die Einäscherungsleistung im üblichen Rahmen. Nach 2 Jahren wurde Teile der Ausmauerung des Unterrofens erneuert.
- Im Rahmen regelmäßiger Inspektionen wurden in den ersten Rohrreihen des Luft-Luft-Wärmeübertragers Risse festgestellt. In Abständen wurden die betroffenen Rohre entfernt und verschlossen. Nach 3 Jahren wurde das erste Register ausgetauscht (20 % der Kühlfläche).
- Ein Austausch des Filtermaterials des Gewebefilters war bisher nicht erforderlich.

3 Trends und Ausblick

Für die Rauchgasreinigung in Krematorien stehen eine Reihe von Verfahren in unterschiedlichen Geräteschaltungen zur Verfügung. Momentan sind bei den konventionellen Verfahren folgende Tendenzen sichtbar:

- Flugstromverfahren

Das Flugstromverfahren eignet sich zur Nachrüstung einer bestehenden Rauchgasreinigungsanlage mit Gewebefilter bzw. bei beengten Räumlichkeiten. Wegen der erforderlichen hohen Abscheideleistungen ist jedoch meist der Einsatz eines Reaktors zur Erhöhung des Umsatzes erforderlich. Wenn die Abscheideleistung einer separaten Minderungstechnik den Dioxingrenzwert nicht erreicht, kann das Flugstromverfahren unterstützend eingesetzt werden. Für Großanlagen werden Hochleistungsadditive zur Verbrauchsoptimierung entwickelt⁷. Ob Krematorien wegen der schwankenden Schadstoffkonzentrationen und Volumenströme von Optimierungen profitieren können, ist offen.

- Festbettverfahren

Die hohe Pufferkapazität gegenüber Schadstoffspitzen und die relative Unempfindlichkeit bei schwankenden Lastbedingungen sowie die langen Wechselintervalle des Adsorbensmaterials sind die besonderen Vorteile der Festbettverfahren. Wanderbettsysteme werden eingesetzt, wenn auch die Staubabscheidung im Adsorber vorgenommen wird. Aktuell werden unterschiedliche Adsorbensmaterialien mit verbesserten Eigenschaften und Möglichkeiten zur Regenerierung entwickelt⁸.

- Katalysatorverfahren

Der große Vorteil der katalytischen Verfahren ist die Zerstörung der Schadstoffe. Nach wie vor gibt es jedoch wegen der relativ kurzen Betriebsdauer der neu errichteten Anlagen keine ausreichend gesicherten Aussagen bezüglich zur Minderung der Katalysatoraktivität durch Katalysatorgifte und Staubbelastung. Den größten Anteil an den realisierten Anlagen haben die „Low Dust“-Schaltungen mit vorgeschaltetem Filter (Gewebefilter, seltener Naßwäscher). Nachdem besonders im Osten Deutschlands einige Krematorien mit Heißgasentstaubung und nachfolgendem Katalysator ausgerüstet wurden und sich häufig Schwierigkeiten beim Betrieb ergaben, wurden keine weiteren Anlagen dieses Typs errichtet. In letzter Zeit wurden einige Anlagen mit einem „High Dust“-Katalysator zwischen zwei Kühlstufen und nachfolgendem Gewebefilter ausgerüstet⁹.

- Quench/Wäscher

Einige Anlagen sind mit Wäschern ausgerüstet, meist gefolgt von Katalysatoren. Bekannt ist, daß Naßabscheider Schwierigkeiten beim Abscheiden der vorliegenden feinen Stäube bis auf den verhältnismäßig niedrigen Grenzwert haben.

Neben den etablierten Varianten der Adsorptionsverfahren und der Verfahren mit Katalysatoren wurden in letzter Zeit Forschungsergebnisse zu neuen Techniken veröffentlicht, die sich jedoch meist noch im Versuchsstadium befinden:

- Ausgehend von der Erkenntnis, daß es an den Auskleidungen von Wäschern zu Speichervorgängen von Dioxinen/Furanen kommt, wurden gezielt Untersuchungen zur Adsorption der PCDD/F an Kunststoffen durchgeführt. An Polypropylen-Schüttungen können Dioxine bei 80 °C mit hohen Abscheidegraden adsorbiert und bei 130 °C desorbiert werden¹⁰. An einer Prototypanlage wurden verschiedene Anlagenschaltungen erprobt. Das Adsorbens hat Vorteile hinsichtlich Handhabung, Betriebssicherheit und Entsorgung¹¹. Füllkörperkolonnen mit Kunststoff-Füllkörpern werden häufig in Absorptionsprozessen eingesetzt. Untersuchungen von PCDD/F-Speichereffekten an Füllkörpern einer Pilotanlage zeigten, daß erhebliche Mengen an PCDD/F abgeschieden werden¹².
- Von zwei Herstellern von Filtermaterialien sind neue Materialien entwickelt worden, die im Trägermaterial des Filterschlauches mit katalytisch aktiven Substanzen ausgerüstet sind. Davon verspricht man sich die komplette Abgasreinigung im Gewebefilter (Entstaubung, Oxidation von Dioxinen/Furanen und, wenn nötig, Abscheidung saurer Schadstoffe durch Flugstromverfahren). Angaben zur Abscheideleistung belegen, daß der Dioxin-Grenzwert bei den in Krematorien üblichen Rohgaskonzentrationen ohne zusätzliche Additivdosierung mit den momentan verfügbaren Materialien nicht eingehalten werden kann¹³ bzw. es wurden veröffentlichte Meßergebnisse mit Einhaltung der Grenzwerte bei Dosierung von Additiven erreicht¹⁴.
- Eine weitere Möglichkeit zur Zerstörung von Dioxinen/Furanen ist die Verwendung starker Oxidationsmittel, z.B. Wasserstoffperoxid¹⁵. Untersuchungen zur Nachrüstung einer Altanlage führten zu einem Verfahren, bei dem Dioxine und Furane im Festbettreaktor abgeschieden werden und dort durch dem Rauchgasstrom zugegebenes Ozon oxidativ umgesetzt werden¹⁶. Für die Adsorbenschüttung, die auch saure Schadstoffe abscheidet, werden hohe Standzeiten erwartet. Bestandteil des Konzepts für ein reststoff-freies Krematorium ist außerdem ein Aschekollektorsystem zur Rückführung der im Gewebefilter abgeschiedenen Flugstäube in den Verbrennungsraum und Zusammenführung der Aschereste¹⁷.

Insgesamt ist festzustellen, daß sehr wenige Emissionsdaten von realisierten Anlagen zur Rauchgasreinigung in Krematorien, insbesondere nach längerer Betriebsdauer, veröffentlicht werden. Dies verwundert, da erste Anlagen mit weitergehender Rauchgasreinigung bereits einige Jahre in Betrieb sein müßten. Die fehlende Möglichkeit zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Anlagentechnik erschwert den Betreibern der Krematorien die Auswahl des richtigen Partners (Herstellers) und des günstigsten Verfahrens. Wichtige, hier nicht behandelte Faktoren für die Bewertung der verschiedenen Verfahren sind die Leistungsfähigkeit der Gesamtanlage (Einäscherungsdauer, Schichtbetrieb, Stillstandszeiten) und die Wirtschaftlichkeit in Bezug auf die konkrete Situation des Krematoriums.

-
- ¹ VDI-Richtlinie 3891: Emissionsminderung Einäscherungsanlagen (08/92)
- ² 27. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (27. BImSchV) - Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung (03/97)
- ³ Korb, U.; Augart, G.; List, M.; Fischer, A.; List S.: Erfahrungen bei der Abgasreinigung in Krematorien. Dresdner Kolloquium "Filternde Abscheider", 21.11.95
- ⁴ Eigenwillig, S.; Sircar, R.; Tamm, U.; Säuberlich, R.: Stand und Entwicklung bei der Umsetzung der 27. BImSchV. Kulkwitzer Seminar „Kontinuierliche Emissionsmeßtechnik – Krematorien“, 24.03.99
- ⁵ List, S.; Korb, U.; Föhlich, W.: Fortschritte bei der Rauchgasreinigung in Krematorien. Dresdner Kolloquium "Filternde Abscheider", 16.10.97
- ⁶ List, M.; Heidenreich, R.; List, S.: Rauchgasreinigung bei kleineren Feuerungs- und Verbrennungsanlagen. 1. Rauchgaskolloquium der BTU Cottbus, 14./15.09.98
- ⁷ Morun, B.: Neue Ergebnisse bei der Rauchgasreinigung mit hocheffizienten Additiven. BAT- und preisorientierte Dioxin-/Gesamtemissionsminderungstechniken, VDI-Bildungswerk 43-59-11, München, 16./17.09.99
- ⁸ Nethe, L.-P.; Schmitz, S.; Swerev, M.; Karl, W.: Einsatz von Sorbalit®-Granulat in der Schütttschicht- und Festbettechnologie für die Abgasreinigung. BAT- und preisorientierte Dioxin-/Gesamtemissionsminderungstechniken, VDI-Bildungswerk 43-59-10, München, 17./18.09.98
- ⁹ Groschwitz, R.; Sommer, E.: Erfahrungen beim Neubau von Kremationsanlagen. Friedhofskultur 02/98
- ¹⁰ Kreis, S.; Hunsinger, H.; Seifert: Kunststoffe als PDCC/F-Abscheider. GVC-Tagung Würzburg, 20.-22.04.98
- ¹¹ Kreis, S.: Polypropylen (PP) zur Dioxinabscheidung. BAT- und preisorientierte Dioxin-/Gesamtemissionsminderungstechniken, VDI-Bildungswerk 43-59-11, München, 16./17.09.99
- ¹² Lehner, M.: Abscheidung von PCDD/F in Füllkörperkolonnen. Fortschritte in der Luftreinhaltetechnik – Optimierung von produktionsintegriertem Umweltschutz und Abgasreinigung, VDI-Berichte 1478
- ¹³ Frey, R.: Der Von Roll 4D-Filter – Kombination von Katalysator, Filter und Trockensorption. BAT- und preisorientierte Dioxin-/Gesamtemissionsminderungstechniken, VDI-Bildungswerk 43-59-11, München, 16./17.09.99
- ¹⁴ Kleine-Möllhoff, P.: Katalytische Filtration – Dioxinzerstörung im Gewebefilter. BAT- und preisorientierte Dioxin-/Gesamtemissionsminderungstechniken, VDI-Bildungswerk 43-59-11, München, 16./17.09.99
- ¹⁵ Vogg, H.: PCDD/PCDF und Abfallverbrennung. Dioxin-Informationsveranstaltung EPA Dioxin-Reassessments, Bayreuth 1995, Organohalogen Compounds 22
- ¹⁶ Ehrlich, Ch.; Kalkoff, W.-D.; Sircar, R.; Sieke, R.; Rimpler, M.: Pilotversuche zur oxidativen Dioxinminderung in Abgasen von Krematorien. Staub – Reinhaltung der Luft 57 (1997)
- ¹⁷ Sircar, R.; Tamm, U.; Säuberlich, R.; Eigenwillig, S.: Neue Methoden für die technische Modernisierung von Krematorien. Friedhofskultur 08/99