

Langzeiterfahrungen beim Einsatz metallischer Filtermedien

Dipl.-Ing. Stephan List, Beratender Ingenieur, Dresden
Dipl.-Ing. (FH) Tim Neuhaus, ILK Dresden gGmbH

1 Filternde Abscheider mit metallischen Filtermedien

Wirkprinzip filternder Abscheider in Entstaubungsanlagen ist die Abscheidung von Partikeln auf luftdurchlässigen Oberflächen bzw. darauf aufgebauten Staubschichten. Filternde Abscheider haben in der Regel eine hohe Abscheideleistung für Partikel aller Größen, Reingasstaubgehalte $< 5 \text{ mg/m}^3$ sind leicht erreichbar. Weit verbreitet sind textile Filtermedien in Form von Filterschläuchen oder –taschen. Eine wesentliche Einschränkung des Einsatzbereichs textiler Medien ist die maximal zulässige Betriebstemperatur. Hochwertige Medien können heute bis ca. $260 \text{ }^\circ\text{C}$ Dauertemperaturbelastung genutzt werden.

Müssen Rauchgase höherer Temperatur entstaubt werden, kommen oft keramische Materialien in Form von Fasern, porösen Schichten oder Sinterkörpern zum Einsatz. Metallische Medien können als

- Lochfolien
- Gewebe
- Vliesstoffe

mit und ohne zusätzliche Beschichtungen hergestellt werden. Vergleichende Untersuchungen verschiedener Medien am VDI 3926-Prüfstand des ILK Dresden zeigten die grundsätzliche Eignung von unbeschichteten Metallgeweben mit kleinen Porengrößen für die Staubabscheidung¹. Solche Filtermedien wurden seither bei der Entstaubung von Abgasen aus Holzkeseln, Biomassefeuerungen und Einäscherungsanlagen erprobt. Eine weitere Entwicklung ging in Richtung Verbundmaterialien aus textilen Fasern auf grobmaschigen Metallgeweben.

2 Einsatzfall Einäscherungsanlage

Seit Veröffentlichung der VDI-Richtlinie 3891² (1992) wird den Emissionen aus Einäscherungsanlagen in Deutschland verstärkt Beachtung geschenkt. In den folgenden Jahren wurden Emissionsgrenzwerte für diese Anlagen im Rahmen von Genehmigungsverfahren durch die zuständigen Genehmigungsbehörden festgelegt. Dies führte zu unterschiedlicher Behandlung in den verschiedenen Bundesländern. Mit der 27. BImSchV³ wurden die Anforderungen bundeseinheitlich festgelegt. Tabelle 1 zeigt die Grenzwerte der 27. BImSchV. Bis zum 30.04.2000 waren auch Altanlagen umzurüsten, dies betraf die meisten der ca. 110 Krematorien in Deutschland⁴.

Komponente	Grenzwert
Staubförmige Stoffe als Gesamtstaub	10 mg/m^3
Kohlenmonoxid	50 mg/m^3
Organische Stoffe, als TOC	20 mg/m^3
Dioxine/Furane	$0,1 \text{ ng TE/m}^3$

Tabelle 1: Grenzwerte der 27. BImSchV für Einäscherungsanlagen

Die Einhaltung des Grenzwertes für Dioxine/Furane erfordert zwingend eine hocheffektive Entstaubung der Rauchgase, da diese Komponenten in hohen Konzentrationen auch am Flugstaub adsorbiert vorkommen können. Die meisten Anlagen sind daher mit filternden Abschei-

dem ausgerüstet. Überwiegend kommen textile Medien in Form von Schläuchen oder Taschen zum Einsatz, die sich im Hinblick auf niedrige partikelförmige Emissionen sehr gut bewährt haben.

Rauchgasreinigungsanlagen in Krematorien sind speziellen Betriebsbedingungen ausgesetzt, die erhöhte Anforderungen an das Filtermaterial und die Auslegung der Abscheider stellen:

- starke Schwankungen von Luftmenge und Temperatur
- stark wechselnde Rauchgaszusammensetzung
- Kurzzeitbetrieb (z.B. einschichtig)
- häufiges An- und Abfahren der Anlage (täglich)
- Gefahr von Funkenflug
- hoher Anteil von Unverbranntem im Flugstaub mit der Gefahr von Glühbränden.

Metallische Filtermedien sind weitaus temperaturbeständiger als textile Medien und könnten zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Entstaubungsanlagen beitragen, da sie unempfindlicher gegenüber Funkenflug und Glühbränden sind.

Seit 1994 wurden im Krematorium Meißen umfangreiche Forschungsarbeiten zur Rauchgasreinigung in Einäscherungsanlagen durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden Metallfilterpatronen an einer Teilstromversuchsanlage erprobt. Später wurden beide Rauchgasreinigungsanlagen umgerüstet.

3 Metallfilterpatronen im Abscheider einer Teilstromversuchsanlage

Parallel zu einer der beiden Rauchgasreinigungsanlagen im Krematorium Meißen wurde vom ILK Dresden 1994 – 1999 eine Teilstromversuchsanlage betrieben (in Bild 1 rot dargestellt).

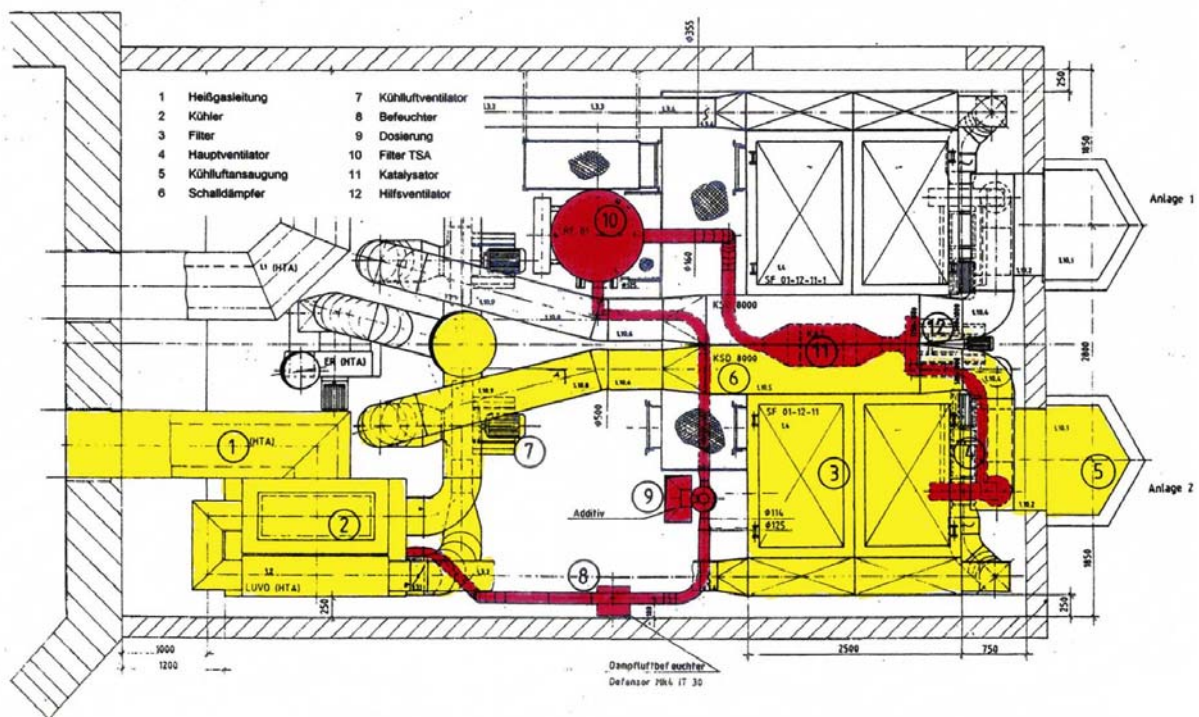


Bild 1: Einordnung der Teilstromversuchsanlage

An dieser Versuchsanlage wurden umfangreiche Untersuchungen zur Eignung verschiedener Abgasreinigungsverfahren für den Einsatz in Einäscherungsanlagen durchgeführt:

- Flugstromverfahren mit verschiedenen Additiven und Rauchgasbefeuchtung
- katalytische Abgasreinigung mit Oxidationskatalysator und DeDiox-Katalysator
- Untersuchungen zur Staubabscheidung mit textilen, metallischen Medien und Glasfaser-Materialien.

Zur Erprobung metallischer Medien wurde der Abscheider der Teilstromversuchsanlage mit 4 Metallfilterpatronen ausgerüstet. Die technischen Daten der Anordnung sind in Tabelle 2 angegeben. Bild 2 zeigt konstruktive Details von Versuchsabscheider und Metallfilterpatrone.

Technische Daten			
Abscheider		Metallfilterpatronen	
Rundkammerfilter	Ø 900 mm	Durchmesser	150/175 mm
Luftdurchsatz	800 m ³ /h bei 180 °C	Länge	1200 mm
Anzahl Patronen	4 Stück	Medium	PZ 25, Schöller-Hösch
Filterfläche	12 m ²	Porengröße	40 µm
Filterflächenbelastung	66,7 m ³ /m ² h	Faltenzahl	55
Abreinigung	Druckluftimpuls	Faltentiefe	24 mm
Abreinigungsdruck	4-6 bar	Filterfläche	3 m ²
Hersteller	ETS Schwarzenberg	Hersteller	R+B Filter

Tabelle 2: Technische Daten, Teilstromversuchsanlage

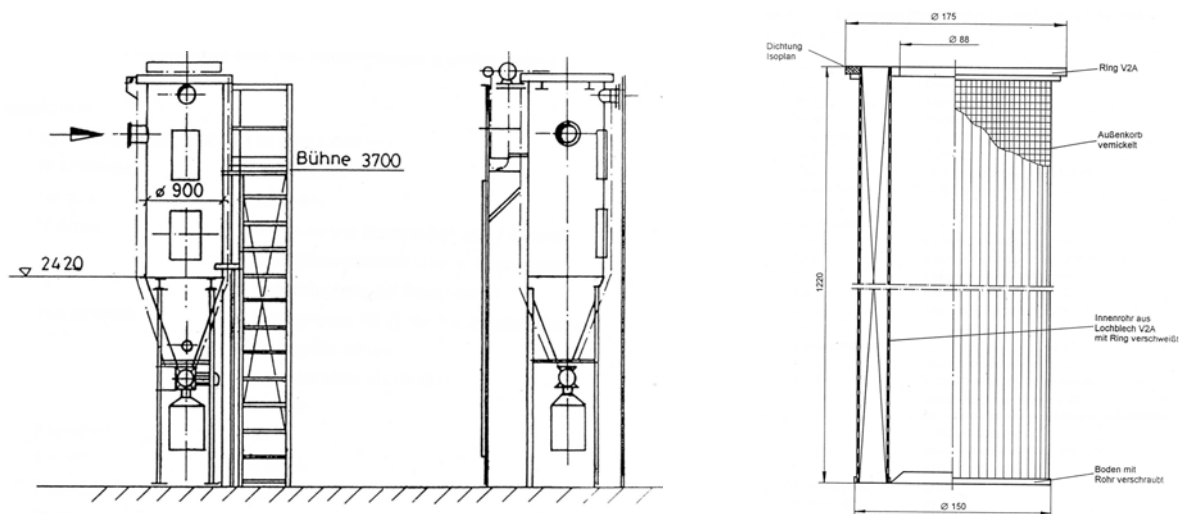


Bild 2: Konstruktive Details, Versuchsabscheider und Metallfilterpatrone

Einen optischen Eindruck der Patrone vor dem Einsatz im Versuchsfilter vermittelt Bild 3. Einen Blick in den Reingasraum des Abscheiders mit Metallpatronen zeigt Bild 4.



Bild 3: Metallfilterpatrone



Bild 4: Blick in den Reingasraum

Nach dem Einbau der Metallfilterpatronen wurde die Teilstromversuchsanlage zunächst im Temperaturbereich von 250 ... 300 °C betrieben. Zum schnelleren Aufbau eines Filterkuchens und zur Beurteilung des Abscheideverhaltens des Filters bei hohen Rohgaskonzentrationen wurden Bestäubungsversuche mit Dosierung von Filterstaub durchgeführt. Bei Dosierung von Filterstaub wurden Reingasstaubkonzentrationen gravimetrisch ermittelt:

nach Inbetriebnahme:	0,59 mg/m ³	(Rohgaskonzentration 1,5 g/m ³)
nach 150 Betriebsstunden:	0,81 mg/m ³	(Rohgaskonzentration 3 g/m ³)

Weitergehende Untersuchungen wurden bei Temperaturen von 300 ... 450 °C durchgeführt. Es zeigte sich, daß die eingesetzten Metallfilterpatronen auch bei hohen Temperaturen sehr gute Abscheideleistungen erbringen. Über eine Betriebszeit von ca. 100 h wurde anhand kontinuierlicher optischer Überwachung keine Veränderung des Staub-Emissionsverhaltens des Filters festgestellt. Die Abreinigung des Filters konnte mit einem Abreinigungsdruck bis 6 bar gewährleistet werden. Es wurden Reingasstaubgehalte von durchschnittlich 0,97 mg/m³ ermittelt.

Während im Temperaturbereich bis 300 °C kaum Veränderungen am Material der Filterpatronen festgestellt wurden, zeigte sich bei Temperaturen über 300 °C Korrosion des Metallgewebes und der Stützelemente.

Die Abgaszusammensetzung und die verfahrenstechnischen Parameter ähneln denen bei Müllverbrennungsanlagen, die Korrosionserscheinungen sind den dort bekannten vergleichbar⁵. In der Literatur werden diese Korrosionen auf Reaktionen mit oder von Chlorverbindungen zurückgeführt. Als mögliche Korrosionsmechanismen werden angesehen:

- zeitlich begrenzte Eisenchloridbildung bei der ersten Oxidschichtbildung am blanken Stahl während der Inbetriebnahme
- Korrosion durch FeCl₂-Bildung und -Abdampfung in sauerstoffarmer Atmosphäre
- Korrosion durch Chlorionen, die bei der Sulfatisierung von an Rohrwänden kondensierten Alkalichloriden freigesetzt werden⁶.

In Versuchen wurde nachgewiesen, daß Chlor jede andere Korrosion verstärkt. Es können keine fest haftenden Deckschichten mehr aufgebaut werden⁷. Durch Abtragung schützender

Schichten kann die Metalloberfläche wiederholt angegriffen werden, Erosion und Korrosion wirken gemeinsam.

In Bild 5 sind die Korrosionserscheinungen am Metallgewebe unter dem recht fest haftenden Staubkuchen gut zu erkennen. Auch die Stützelemente wie Außenkorb und Boden wurden bei höheren Temperaturen angegriffen (Bild 6).



Bild 5: Korrosion des Metallgewebes

Bild 6: Korrosion am Boden der Filterpatrone

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen an der Teilstromversuchsanlage zeigten:⁸

- Metallfilterpatronen sind für den Einsatz in Abscheidern mit Druckluftimpulsabreinigung im Temperaturbereich bis 300 °C einsetzbar und erbringen gute Abscheideleistungen.
- Bei Temperaturen bis 300 °C konnten bei den eingesetzten Qualitäten über ca. 300 Betriebsstunden keine korrosiven Veränderungen an den Filterelementen festgestellt werden.

4 Erprobung an einer Prototypanlage

Das Krematorium Meißen verfügt über zwei Ofenlinien mit Etagenöfen (errichtet 1993 bzw. 1994, seit 1996 betreut durch die Fa. Wolfgang Föhlisch Verbrennungsanlagen und Automatisierungstechnik). Die Rauchgasreinigungsanlagen (Entstaubungstechnik Schwarzenberg GmbH) wurden entsprechend der damals gültigen VDI 3891 1994 in Betrieb genommen⁹.

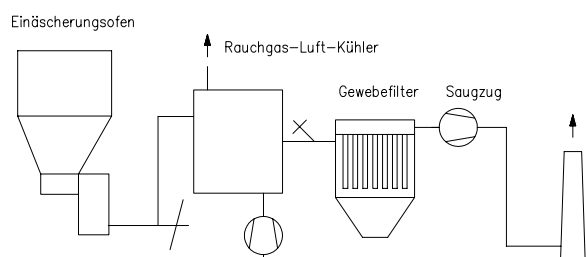


Bild 7: Schema der Einäscherungsanlagen nach VDI 3891

Das Abgas des Einäscherungssofens wurde von Temperaturen zwischen 800 und 1100 °C im Rauchgas-Luft-Wärmeübertrager auf 180 bis 220 °C abgekühlt und im Schlauchfilter entstaubt¹⁰. Wesentliche Besonderheit der Anlagen sind kurze Einäscherungszeiten durch optimierte Verbrennungsverhältnisse in den Einäscherungsöfen¹¹.

Nach dem erfolgreichen Test der Metallfilterpatronen im Abscheider der Teilstromversuchsanlage wurde ein Abscheider der Prototypanlage umgerüstet. Dabei wurden 132 Filterschläuche (12 Reihen zu 11 Stück) durch 88 Filterpatronen (8 Reihen) mit unterschiedliche Materialqualitäten und Maschenweiten ersetzt. Die übrigen Reihen wurden mit Blinddeckeln verschlossen. Die Filterfläche vergrößerte sich dadurch von 54 m² auf 119 m² (Tabelle 3).

Technische Daten			
Abscheider		Metallfilterpatronen	
Typ	SF 01-12-11-1	Durchmesser	128/155 mm
Luftdurchsatz	4000 m ³ /h bei 180 °C	Länge	1000 mm
Anzahl Patronen	88 Stück	Medium	PZ 25, PZ 17, PZ 15
Filterfläche	119 m ²	Porengröße	40 µm, 25 µm, 17 µm
Filterflächenbelastung	33,6 m ³ /m ² h	Faltenzahl	42
Abreinigung	Druckluftimpuls	Faltentiefe	17 mm
Abreinigungsdruck	4-6 bar	Filterfläche	1,35 m ²
Hersteller	ETS Schwarzenberg	Hersteller	R+B Filter

Tabelle 3: Technische Daten, Prototypanlage

Bild 8 zeigt den Reingasraum des Filter mit den eingebauten Metallfilterpatronen. Überzählige Öffnungen im Filterboden wurden mit Blindflanschen verschlossen.



Bild 8: Reingasraum mit eingebauten Filterpatronen



Bild 9: Filterpatrone mit Staubkuchen

In 14-tägigem Abstand wurden Inspektionen des Abscheiders durchgeführt. Dabei wurde insbesondere die Sauberkeit des Reingasraumes und der Patroneninnenräume beachtet. Nach der Demontage einzelner Patronen wurde Augenmerk auf die Stärke und Haftung des Filterkuchens sowie Materialveränderungen, die auf korrosive Beanspruchung schließen lassen, gelegt. Bild 9 zeigt eine Metallfilterpatrone nach ca. 300 Betriebsstunden. Man sieht, daß etwa 20 cm des Filtermediums am oberen Ende der Patrone nicht abgereinigt werden. Damit gehen praktisch 15 bis 20 % an Filterfläche verloren. Ursache dafür ist ein zu geringer Abstand der Abreinigungslanzen vom Filterboden. Abhilfe konnte in der gegebenen konstruktiven Lösung nicht geschaffen werden.

Zur Bewertung des Betriebs- und Abscheideverhaltens des umgerüsteten Filters wurden kontinuierliche Messungen der Betriebsparameter, Abreinigungsimpulse und Staubemission

durchgeführt. Anhand dieser kontinuierlichen Meßwerte ist eine stabile Abscheideleistung der Metallfilterpatronen innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 8 Wochen ersichtlich

Gravimetrisch ermittelte Staubkonzentrationen lagen zwischen $0,1$ und $0,3 \text{ mg/m}^3$, also im Bereich hochwertiger textiler Filtermedien¹².

5 Dauerbetrieb

Die Metallfilterpatronen werden in den Rauchgasreinigungsanlagen des Krematoriums Meissen seit 1996 betrieben. Zur Einhaltung des Grenzwertes der 27. BImSchV für Dioxine/Furane wurde eine Ergänzung der Anlagentechnik zur Abscheidung dieser organischen Spurenstoffe notwendig. Entwickelt wurde eine spezielle Festbettfiltertechnik¹³. Vorausgehende Messungen ergaben eine Reingasstaubkonzentration bis zu 5 mg/m^3 , was als zu hoch für den nachgeschalteten Festbettfilter angesehen wurde. Daher wurde die bestehende Ausrüstung der Filter durch weitere Metallfilterpatronen (nunmehr insgesamt 132 Stück je Filter) ergänzt und damit die Filterflächenbelastung auf $30,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ gesenkt. Ziele waren die Senkung des Druckverlustes, Reingasstaubgehaltes und Energieverbrauchs. Die Anlagenschaltung ist im Bild 10 dargestellt. Die Filter konnten nun mit einem Druckverlust von 6 mbar betrieben werden. Die Abreinigung war bei einem Kesseldruck von 8 bar sichergestellt. Eine Kontrollmessung nach Staubfilter ergab Staubkonzentrationen von $0,7 \dots 1,3 \text{ mg/m}^3$. Die Staubemission wird durch die nachgeschalteten Festbettfilter weiter abgesenkt auf $0,5 \text{ mg/m}^3$. Eine Emissionsmessung im Jahr 2000 wies erneut die Einhaltung der Grenzwerte nach.

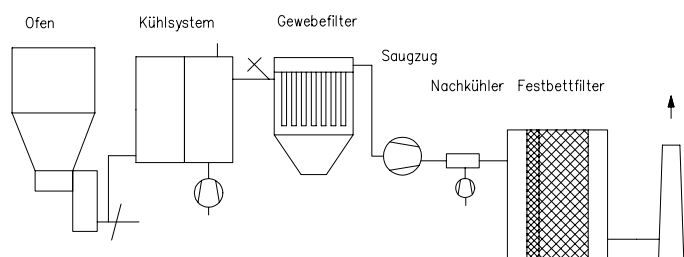


Bild 10: Anlagenschema nach Ausrüstung mit Festbettfilter

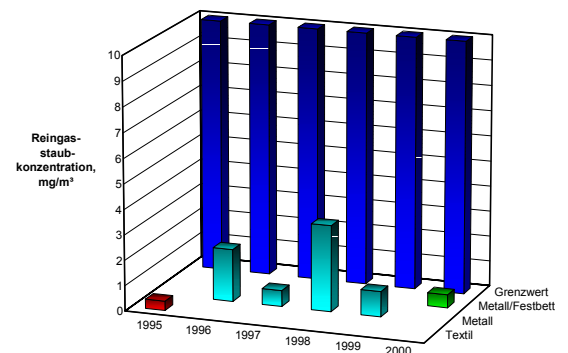


Bild 11: Entwicklung der Staubemissionswerte

2004 wurde ein Austausch von insgesamt 8 Stück Patronen der ersten Bestückung aus dem Jahr 1996 erforderlich. Davon abgesehen, laufen die Filter bei zumeist 3-schichtigem Betrieb ohne Beanstandung.

Literatur

- ¹ Ritscher, G.; Eigner, F.: Untersuchungen an Filtermedien für abreinigbare Filter. Fachbericht ILK Dresden, ILK-B-7/94-466
- ² VDI-Richtlinie 3891: Emissionsminderung Einäscherungsanlagen (08/92)
- ³ 27. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (27. BImSchV) - Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung (03/97)
- 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 Kautz, K.; Tichatschke, J.: Zusammenhänge zwischen Rauchgasverhältnissen, Kesselbelastung und Korrosionen in einer kommunalen Müllverbrennungsanlage. VGB Kraftwerkstechnik, Mitteilungen der VGB 3(1972) S. 249
- ⁶ Kautz, K.: Korrosionsursachen in Hausmüllverbrennungsanlagen. VGB Kraftwerkstechnik, Mitteilungen der VGB 5(1971) S. 400
- ⁷ Roß, W.; Umland, F.: Untersuchung chloridinduzierter Hochtemperaturkorrosion an Eisen-, Nickel-, Cobalt-Basislegierungen mit dem Rasterelektronenmikroskop und energiedispersiver Röntgenmikrobereichsanalyse. Werkstoffe und Korrosion 35(1984) S. 47
- ⁸ List, M., Fischer, A., List, S.: Untersuchungen zum Einsatz metallischer Filterelemente bei hohen Temperaturen. Fachbericht ILK Dresden, ILK-B-7/95-559
- ⁹ Korb, U.; Augart, G.; Fischer, A.; List S.: Erfahrungen bei der Abgasreinigung in Krematorien. Dresdner Kolloquium Filternde Abscheider, 21.11.95
- ¹⁰ List, M.; Fischer, A.; Hartig, P.; List, S.: Ergebnisse der Betriebsuntersuchungen an einer Prototypanlage zur Abgasreinigung und der experimentellen Untersuchungen an einer Teilstromversuchsanlage in einem Krematorium (Abschlußbericht). ILK Dresden, ILK-AB-7/95-547
- ¹¹ List, S.: Untersuchungen zur Verbrennungsluftverteilung, Erprobung eines optischen Temperaturmeßgerätes. Bericht zum Forschungsvorhaben "Emissionsminderung an Einäscherungsöfen". TU Dresden 1997
- ¹² List, M.; Fischer, A.; List, S: Erprobung metallischer Filterelemente im Filter einer Prototypanlage im Krematorium Meißen. Fachbericht ILK Dresden, ILK-B-7/96-593
- ¹³ Dioxinabscheidung – Krematorium Meißen. Abschlußbericht ILK Dresden ILK-AB-7/00-916