



BE-126

BERICHTE

**ABLUFTEMISSIONEN
DER MECHANISCH-BIOLOGISCHEN
ABFALLBEHANDLUNG
PILOTANLAGE KUFSTEIN**



**Abluftemissionen
der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung
Pilotanlage Kufstein**

BE-126

Wien, Mai 1999

Projektleitung

A. Hanus-Iltnar

Autor

T. Angerer

A. Reisenhofer

Satz/Layout

E. Neuhold

Die Probenahmen und Erfassung der kontinuierlich gemessenen Parameter erfolgten durch die Abteilung Lufthygiene des Umweltbundesamtes.

Die Analysen wurden im Labor des Umweltbundesamtes durchgeführt.

Wir danken den Mitarbeitern der Firma Thöni Industriebetriebe GmbH für die Unterstützung und die zur Verfügungstellung der Daten.

Impressum

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

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 1999
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-468-1

KURZZUSAMMENFASSUNG

Auf Basis des Abfallwirtschaftsgesetzes wurde im Jahr 1996 von der österreichischen Bundesregierung die Deponieverordnung (DVO) erlassen. Hierbei wurden unter anderem Anforderungen an zu deponierende Abfälle konkretisiert. Unter bestimmten Voraussetzungen ermöglicht die DVO eine mechanisch-biologische Vorbehandlung von Abfällen.

In den letzten Jahren wurde in Österreich und Deutschland sehr intensiv die Abluft aus diesen sogenannten mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen untersucht. Es hat sich gezeigt, daß die Abluftemissionen nicht vernachlässigt werden können.

Das Umweltbundesamt hat, um auf eine gesicherte Datenbasis zurückgreifen zu können, zu Beginn 1998 in Kooperation mit dem BMUJF mit Abluftuntersuchungen an österreichischen Betriebsanlagen zur MBA, unter anderem in Kufstein, begonnen.

An der Pilotanlage Kufstein wurden neben Rohgasmessungen auch erstmals Reingasmessungen nach einem Containerbiofilter durchgeführt.

Die Auswahl der untersuchten Parameter erfolgte in Anlehnung an Messungen in Deutschland um einen Vergleich mit vorliegenden Daten anstellen zu können.

Im Rahmen des Projekts wurden, neben der Erfassung der physikalischen Parameter der Abluft folgende kontinuierliche Messungen durchgeführt:

- CO
- CO₂
- O₂
- Gesamtkohlenstoff

Folgende Einzelkomponenten wurden mittels diskontinuierlicher Meßverfahren bestimmt:

- Alkane
- Terpene
- Aromaten
- Acetate
- Ketone
- CKW
- Ammoniak
- Schwermetalle
- FCKW
- Aldehyde
- PAH
- Chlorbenzole
- Phthalate

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG -----	1
2	ANLAGENBESCHREIBUNG (ZUR ZEIT DER PROBENAHE) -----	1
3	ABLUFTEHANDLUNG (ZUR ZEIT DER PROBENAHE) -----	4
4	MESSTELLEN UND PROBENAHEMEN -----	4
5	ERGEBNISSE -----	6
5.1	Übersicht Probenahme (1. Probenahme) -----	7
5.2	Übersicht Probenahme (2. Probenahme) -----	8
5.3	Staub -----	9
5.4	Ammoniak -----	9
5.5	VOC -----	10
5.6	Acetate und Ketone -----	13
5.7	CKW -----	15
5.8	Schwermetalle -----	16
5.9	FCKW -----	17
5.10	Aldehyde -----	18
5.11	PAH -----	19
5.12	Chlorbenzole und Phthalate -----	20
6	AUSBLICK -----	21
7	LITERATUR -----	22

1 EINLEITUNG

Das Umweltbundesamt hat 1998 in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie eine Studie über die „Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen“ [MOSTBAUER et al., 1998] erstellt. Im Zuge der Auseinandersetzung mit der Problematik der Abluft aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen stellte sich eine Reihe von bisher unbeantworteten Fragen. So haben jüngste Ergebnisse aus Abluftuntersuchungen in Deutschland gezeigt, daß die Emissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung nicht, wie zuvor angenommen, vernachlässigt werden können.

Das Umweltbundesamt führte daher Abluftuntersuchungen an drei MBA-Anlagen (Allerheiligen, Kufstein, Siggerwiesen) durch. Die Auswahl der im vorliegenden Bericht gemessenen Parameter erfolgte in Anlehnung an vergleichbare Messungen in Deutschland. An der Pilotanlage zur MBA in Kufstein wurden erstmals vom UBA auch Reingasmessungen durchgeführt. Eine zeitgleiche Messung von Roh- und Reingas war aufgrund technischer Gegebenheiten nicht möglich.

Die Ergebnisse der Emissionsmessungen in den Anlagen Allerheiligen und Siggerwiesen liegen bereits als UBA Berichte vor [UBA-BE 138 „Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – MBA Allerheiligen“ und UBA-BE 139 „Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – MBA Siggerwiesen“].

2 ANLAGENBESCHREIBUNG (ZUR ZEIT DER PROBENAHMEN)

Da die Restabfälle in großen Teilen Tirols ohne jegliche Vorbehandlung auf Depo-nien abgelagert werden, gab die Tiroler Landesregierung im Jahre 1994 eine Studie zur Behandlung der Restabfälle Tirols 2000 in Auftrag. Ergebnis dieser Studie war, die Restabfälle mechanisch-biologisch zu behandeln, jedoch die mögliche zentrale Lösung (MVA) nicht aus den Augen zu verlieren. Dieses Ergebnis führte zu einem Großversuch zur MBA auf dem Gelände des Kompostwerks in Kufstein (Tirol).

Im Jahre 1996 wurde mit den Vorversuchen begonnen, welche zu einem Großversuch zur MBA führten. Seit 7. Juli 1997 verfügt die Firma Thöni über einen Genehmigungsbescheid gemäß § 29 AWG für den Versuchsbetrieb der Pilotanlage zur MBA. Die Infrastruktur und Anlagenteile des Kompostwerkes werden mitgenutzt [HARANT, 1999].

Inhalt des Großversuchs (ANGERER, 1997):

- Ermittlung der optimalen Verfahrenstechnik,
- Ermittlung der möglichen Massenreduktion,
- Ermittlung der notwendigen Behandlungsdauer,
- Feststellung der potentiellen Emissionen,
- Ermittlung der Eigenschaften der Deponiefraktion (in bezug auf den in der Deponieverordnung vorgeschriebenen oberen Heizwert von 6.000 kJ/kg TS),
- Ermittlung der Eigenschaften der Verwertungsfraktion.

Der kommunale Restabfall wird einer einwöchigen statischen Vorrotte unter Mikromembranabdeckung unterzogen, der eine Zerkleinerung (Langsamläufer), Siebung mittels Trommelsieb (50 mm Siebschnitt) und Metallabscheidung folgt. Der Siebdurchgang (< 50 mm) wird einer zweiwöchigen Intensivrotte unterworfen (quasistatisch, technisch belüftet, bewässert, geschlossen → Thöni-Dynamik-Modul) und in weiterer Folge einer etwa acht- bis zehnwöchigen, technisch belüfteten, umhausten Nachrotte (Mietenrotte) zugeführt. Gegen Ende der Nachrotte wird das Material bei einem Siebschnitt von 18 mm abgesiebt. Der Siebüberlauf (> 18 und < 50 mm bzw. > 50 mm) wird in der MVA Wels verbrannt, der Siebdurchgang (< 18 mm) gelangt auf eine Deponie. In der Abbildung 1 ist ein Prinzipschema der großtechnischen Pilotanlage in Kufstein dargestellt.

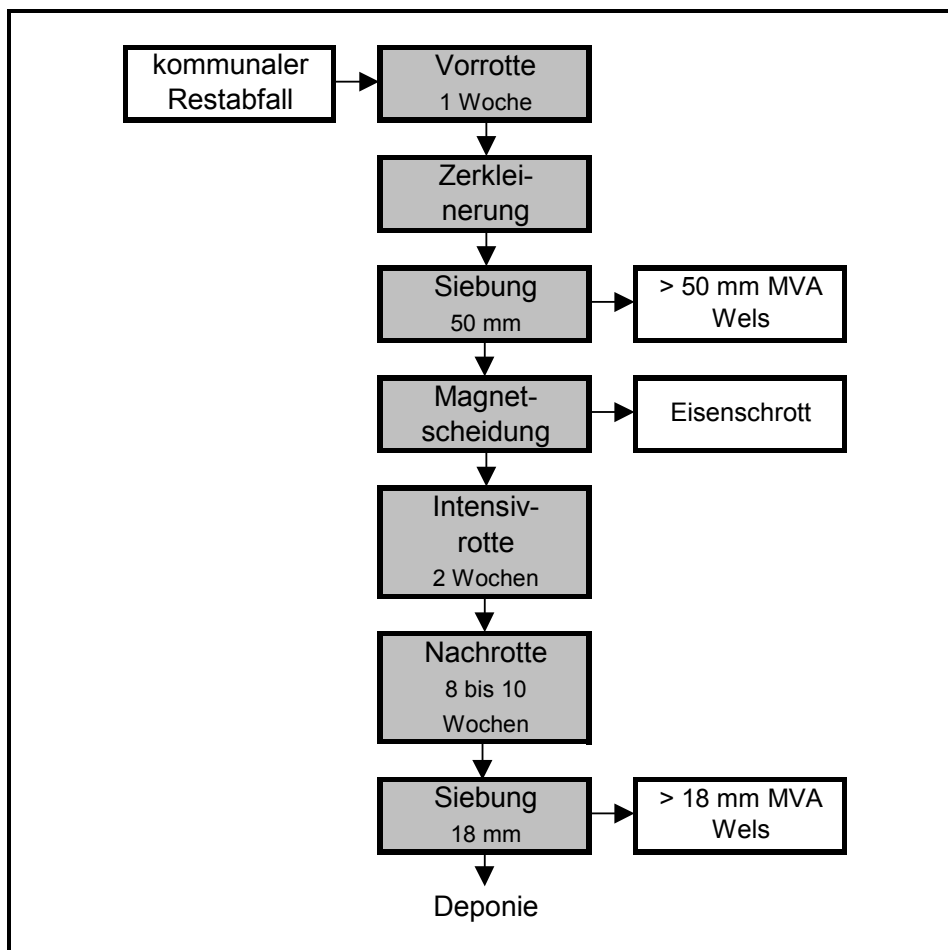


Abbildung 1: Prinzipschema der großtechnischen Pilotanlage in Kufstein (zur Zeit der Probenahme)

In den Tabellen 1 und 2 ist der Input des Intensivrottemoduls jeweils zum Zeitpunkt der Messungen dargestellt.

Tabelle 1 Input des Intensivrottemoduls (25.08.98) in Kufstein (BERGER, 1998)

Nennfüllvolumen des Moduls	80,0 m³	
Inputmaterial	Restabfall < 50 mm	
Befülltag	25.08.98	
	<i>Datum</i>	<i>Menge [kg]</i>
Anlieferungsmenge am	11.08.98	6.000
	14.08.98	8.180
	17.08.98	11.400
	18.08.98	7.120
	21.08.98	13.500
	24.08.98	6.880
	25.08.98	11.540
	<i>Gesamtmenge</i>	64.620
Gesamtvolumen ca. 85 m ³		
Anmerkung: Das Modul war zum Zeitpunkt des Befüllens am 25.08.98 leer.		
Annahme: Bei 14 Tagen Verweilzeit ergibt sich ein Durchsatz von 0,192 [t/h]		
Abluftmessungen vom 08.09. bis 10.09.98		

Tabelle 2 Input des Intensivrottemoduls (10.11.98) in Kufstein (BERGER, 1998)

Nennfüllvolumen des Moduls	80,0 m³	
Inputmaterial	Restabfall < 50 mm	
Befülltag	10.11.98	
	<i>Datum</i>	<i>Menge [kg]</i>
Anlieferungsmenge am	03.11.98	12.620
	06.11.98	8.640
	09.11.98	14.280
	10.11.98	7.820
	<i>Befüllmenge</i>	43.360
	<i>bereits im Modul (1 Woche alt)</i>	ca. 15.000
	<i>Gesamtmenge</i>	ca. 58.360
Gesamtvolumen ca. 75 m ³		
Annahme: Bei einer mittleren Verweilzeit von 14 Tagen ergibt sich ein Durchsatz von 0,174 [t/h]		
Abluftmessungen vom 10.11. bis 12.11.98		

Zum Zeitpunkt der 1. Probenahme war die Rotte des Materials ca. 14 Tage fortgeschritten. Zusätzlich lagerten (inkl. 1 Woche Vorrotte) Teile der angelieferten Abfälle bis zu 14 Tage bevor mit dem Rotteprozeß begonnen wurde (siehe Tabelle 1).

Zum Zeitpunkt der 2. Probenahme wurde das Rottemodul mit bis zu 1 Woche altem Material befüllt (siehe Tabelle 2). Im Rottemodul befanden sich ca. 15 t Restabfälle.

3 ABLUFTBEHANDLUNG (ZUR ZEIT DER PROBENAHRME)

Die Abluftströme aus zwei Intensivrotteboxen (je ca. 1.500 m³/h Abluft, Restabfallbehandlung bzw. Bioabfallbehandlung) werden getrennt voneinander in zwei Containerbiofilter geleitet. Das Filtermaterial (50 % Rinde, 50 % Holzschnitzel; ca. 25 m³) wird in den Containern mittels Sprüh- und Beregnungsdüsen bewässert, die Temperatur des Filtermaterials wird überwacht (ca. 48 °C zur Zeit der Besichtigung am 28.04.1998). Die Luftführung in den Containern erfolgt von oben nach unten. Die Abluft aus den Containerfiltern (aus Restabfallbehandlung bzw. Bioabfallbehandlung) wird gemeinsam mit der Abluft aus der Nachrotte sowie der Abfallaufbereitungshalle (gesamt ca. 20.000 m³/h) über einen Flächenbiofilter (ca. 450 m³) geführt, gereinigt und an die Umgebungsluft abgegeben. Das Filtermaterial des Flächenfilters besteht zu 100 % aus Rinde.

4 MESSTELLEN UND PROBENAHRMEN

Die Konzentrationen an Schadstoffen in der Abluft des Rottemoduls der großtechnischen mechanisch-biologischen Pilotanlage in Kufstein wurden im September 98 (1. Probenahme/Rohgas, 08.09. bis 10.09.) und November 98 (2. Probenahme/Rohgas und Probenahme/Reingas, 10.11. bis 12.11.) gemessen.

Untersucht wurden im Rohgas jeweils die in der Tabelle 3 angegebenen Parameter. In der Tabelle 4 sind die Parameter angegeben, die im Reingas untersucht wurden.

Tabelle 3 Gemessene Parameter – Rohgas

▪ Alkane	▪ Schwermetalle	▪ O ₂
▪ Terpene	▪ FCKW ¹⁾	▪ CO
▪ Aromaten	▪ Aldehyde	▪ CO ₂
▪ Acetate	▪ PAH ¹⁾	▪ Ablufttemperatur
▪ Ketone	▪ Chlorbenzole	▪ Abluftfeuchte ²⁾
▪ CKW	▪ Phthalate	▪ Staubgehalt
▪ Ammoniak	▪ Gesamtkohlenstoff	

1) nur bei 1. Probenahme

2) stichprobenartig gemessen; lag jew. über 99,9 %

Tabelle 4 Gemessene Parameter – Reingas

▪ Alkane		▪ O ₂
▪ Terpene		▪ CO
▪ Aromaten	▪ Aldehyde	▪ CO ₂
▪ Acetate		▪ Ablufttemperatur
▪ Ketone	▪ Chlorbenzole	▪ Abluftfeuchte
▪ CKW		▪ Staubgehalt
▪ Ammoniak	▪ Gesamtkohlenstoff	

Die Parameterauswahl erfolgte aufgrund bereits im In- und Ausland durchgeführter Studien und Messungen.

Eine Messung von Methan in der Abluft wurde testweise zur Eignung des Monitors durchgeführt. Bei zukünftigen Messungen ist eine Bestimmung der Methankonzentration in der Abluft vorgesehen.

Für die Probenahme diente ein Meßcontainer des Umweltbundesamtes, der für Emissionsmessungen ausgerüstet wurde. Beprobte wurde der Abluftstrom der Intensivrotte (Restabfall, Rohgas) und der Abluftstrom des Containerbiofilters (Restabfall, Reingas).

Beschreibung der Meßstelle:

- Meßstelle Rohgas

Die Meßstelle befand sich in der Abluftleitung des Intensivrottemoduls (Restabfall), vor dem Saugzuggebläse. Das beprobte Abgasrohr hatte einen Innendurchmesser von 190 mm. Das Saugzuggebläse hatte eine Leistung von ca. 1400 m³/h.

- Meßstelle Reingas

Die Meßstelle befand sich in der Abluftleitung des Intensivrottemodules (Restabfall) nach dem Containerbiofilter nach dem Saugzuggebläse. Das beprobte Abluftrohr hatte einen Innendurchmesser von 190 mm, das Saugzuggebläse hatte eine Leistung von ca. 1400 m³/h.

Eine zeitgleiche Messung von Roh- und Reingas war aufgrund technischer Gegebenheiten nicht möglich. Beide Meßstellen befanden sich im Freien, sodaß sie für den Zeitraum der Probenahmen eingehaust werden mußten. Die kontinuierlichen Meßgeräte wurden im Container des Umweltbundesamtes betrieben. Dieser Container ist für Emissionsmessungen ausgerüstet, sodaß auch die Behandlung der Filterhülsen und die Vorbereitungen für die einzelnen Probenahmen dort vorgenommen werden konnten.

Erfasste Komponenten und Meßmethoden:

Kontinuierliche Messungen:

CO	nicht-dispersives Fotometer-Prinzip mit Zweitstrahl-Wechsellicht-Methode im IR/UV-Spektralbereich in Anlehnung an VDI 2459 Bl. 6
CO ₂	nicht-dispersives Fotometer-Prinzip mit Zweitstrahl-Wechsellicht-Methode im IR/UV-Spektralbereich in Anlehnung an VDI 2459 Bl. 6
O ₂	paramagnetischer Detektor
Gesamtkohlenstoff	Flammenionisationsdetektion nach VDI 3481 Bl. 1
Abgastemperatur.....	Ni-Cr-Ni- Element
Abgasgeschwindigkeit...	Flügelradanemometer

Diskontinuierliche Probenahmen:

Schwermetalle/Staubgehalt	Filterkopfgerät mit nachgeschaltetem Planfilter nach VDI 3868 Bl. 1, isokinetische Teilstromentnahme
Hg	Filterkopfgerät mit nachgeschaltetem Planfilter nach VDI 3868 Bl. 2 (Vorentwurf), isokinetische Teilstromentnahme
Phthalate/Chlorbenzole	gekühlte Sonde Methode in Anlehnung an VDI 3499 Bl.2, isokinetische Teilstromentnahme
Ammoniak	Probenahme in Anlehnung an VDI 2461, Bl. 2
VOC, Ketone.	Sorption auf Aktivkohle mit Kondensatfalle
Aldehyde	Sorption auf DNPH-Kartuschen mit Kondensatfalle
FCKW	Probenahme in TEDLAR-Beutel mittels Membranpumpe

5 ERGEBNISSE

In den Kapiteln 5.3. bis 5.12. werden die Konzentrationen aller untersuchten Parameter zum angegebenen Probenahmezeitraum dargestellt. Angegeben werden die Gehalte des jeweiligen Schadstoffes im Rohgas bzw. Reingas, bezogen auf Normkubikmeter trockenes Gas, bei Meßbedingungen, die in den Tabellen in den Kapiteln 5.1 und 5.2 angegeben sind. Die Schadstoffgehalte wurden jeweils in Frachten (Masse/Stunde bzw. Masse/Tonne behandeltem Abfall) umgerechnet.

5.1 Übersicht Probenahme (1. Probenahme)

	von	bis	Komp.	mittl.P* (hPa)	mittl. v (m/s)	mittl. T (°C)	mittl. CO (%)	mittl. CO ₂ (%)	mittl. O ₂ (%)	C ² (mg/Nm ³) ¹
08.09.98	15:56	16:26	HgI	959	14,0	34,0	0,016	1,172	19,680	285,8
	17:53	18:23	HgII	959	14,2	34,2	0,019	1,489	19,322	176,1
	19:13	19:43	SM1	960	14,2	32,8	0,018	1,634	19,152	153,4
09.09.98	10:11	10:41	SM2	961	14,4	49,8	0,025	1,111	19,785	275,6
	12:35	15:05	PhthalatA	960	14,3	47,2	0,023	1,216	19,652	241,2
	15:30	18:00	PhthalatB	958	13,9	47,4	0,024	1,143	19,673	204,5
	13:08	13:38	NH3-A	959	14,3	46,6	0,024	1,201	19,684	247,6
	13:48	14:18	NH3-B	959	14,3	46,9	0,024	1,238	19,626	242,5
	14:25	14:55	NH3-C	959	14,3	47,8	0,022	1,237	19,584	231,5
	16:13	16:18	VOC1	957	14,3	47,1	0,022	1,141	19,709	202,4
	16:23	16:38	VOC2	956	14,1	47,4	0,024	1,124	19,709	204,5
	16:41	17:11	VOC3	956	13,8	46,9	0,024	1,127	19,688	206,5
	17:13	18:13	VOC4	957	13,5	46,4	0,025	1,149	19,654	206,2
	15:58	16:01	Ald. A	958	14,5	48,4	0,024	1,195	19,634	205,2
	16:05	16:08	Ald. B	957	14,4	47,7	0,024	1,165	19,684	205,2
10.09.98	09:25	11:25	PAH-A	959	13,9	47,8	0,017	1,221	19,550	246,5
	11:50	13:50	PAH-B	957	13,5	47,7	0,018	1,153	19,615	135,7
	09:36	09:41	Ald. C	959	13,9	48,0	0,017	1,428	19,367	418,6
	09:45	09:50	Ald. D	959	13,9	48,0	0,018	1,349	19,422	387,7
* P Luftdruck zum Zeitpunkt der Probenahme							Ald. ... Aldehyde			
¹ Normvolumen, bezogen auf 0°C, 1013,25 hPa							SM Schwermetalle			
² Gesamtkohlenstoff							VOC .. Alkane, etc.			

5.2 Übersicht Probenahme (2. Probenahme, Reingas grau unterlegt)

	von	bis	Komp.	mittl.P* (hPa)	mittl. v (m/s)	mittl. T (°C)	mittl. CO (%)	mittl. CO ₂ (%)	mittl. O ₂ (%)	C ² (mg/Nm ³) ¹
11.11.98	11:53	13:53	Phthalat	966	12,8	30,0	0,018	0,739	20,111	191,7
	15:05	15:35	HgI	966	11,9	30,6	0,018	0,763	20,057	171,3
	16:35	17:05	HgII	967	11,9	30,6	0,019	0,755	20,046	161,1
	18:05	18:35	SMI	967	11,1	31,0	0,018	0,706	20,112	150,7
12.11.98	10:17	10:20	Ald. 1	958	12,1	27,9	0,024	0,505	20,244	44,3
	10:29	10:34	Ald. 2	958	12,1	27,7	0,024	0,578	20,233	51,3
	10:38	10:43	VOC1	958	12,0	27,7	0,025	0,592	20,221	49,4
	10:47	11:02	VOC2	958	12,1	27,7	0,022	0,590	20,283	49,5
	11:09	11:39	VOC3	957	12,3	28,0	0,026	0,643	20,185	58,1
	11:43	12:43	VOC4	956	12,4	27,9	0,025	0,604	20,198	51,8
	12:49	13:19	NH3-A	956	12,3	27,3	0,024	0,576	20,204	50,4
	13:22	13:52	NH3-B	956	12,2	26,7	0,024	0,568	20,212	49,9
	14:02	14:32	NH3-C	955	14,4	31,6	--	--	--	--
	14:35	15:05	NH3-D	955	14,3	31,3	0,025	0,537	20,254	73,4
	15:12	15:15	Ald. 3	955	14,3	30,5	0,026	0,416	20,396	60,7
	15:19	15:24	Ald. 4	955	14,3	30,5	0,027	0,565	20,166	61,9
	15:27	15:32	VOC5	955	14,1	30,7	0,026	0,581	20,218	68,5
	15:35	15:50	VOC6	955	14,1	30,8	0,026	0,552	20,245	70,4
15:53	16:23	VOC7	955	14,1	30,9	0,026	0,545	20,251	71,4	
16:25	17:25	VOC8	955	14,0	29,8	0,028	0,542	20,253	63,7	
* P Luftdruck zum Zeitpunkt der Probenahme							Ald. ... Aldehyde			
¹ Normvolumen, bezogen auf 0°C, 1013,25 hPa							SM Schwermetalle			
² Gesamtkohlenstoff							VOC .. Alkane, etc.			

5.3 Staub

Die Probenahmen wurden lt. VDI 3868 Bl.1+2 mit einem Filterkopfgerät mit nachgeschaltetem Planfilter durchgeführt. Im Rahmen dieser Probenahme konnten auf keiner der Filterhülsen und Planfilter Staubgehalte über der Nachweisgrenze (ca. 5 mg/m³) festgestellt werden.

5.4 Ammoniak

1. Probenahme/Rohgas									
	Probe 1, 9.9.98, 13:08-13:38			Probe 2, 9.9.98, 13:48-14:18			Probe 3, 9.9.98, 14:25-14:55		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
Ammoniak	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
NH ₃	85,3	89,51	466,2	99,9	104,7	545,5	80,1	83,2	433,3

2. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 12.11.98, 14:02-14:32			Probe 2, 12.11.98, 14:35-15:05		
Parameter	Einheit			Einheit		
Ammoniak	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
NH ₃	38,6	45,55	262,26	53,0	62,35	358,98

2. Probenahme/Reingas						
	Probe 1, 12.11.98, 12:49-13:19			Probe 2, 12.11.98, 13:22-13:52		
Parameter	Einheit			Einheit		
Ammoniak	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
NH ₃	43,5	45,1	259,68	38,6	39,78	229,02

5.5 VOC

1. Probenahme/Rohgas									
	Probe 1, 9.9.98, 16:23-16:38			Probe 2, 9.9.98, 16:41-17:11			Probe 3, 9.9.98, 17:13-18:13		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Alkane									
Cyclohexan	0,23	0,24	1,23	0,21	0,21	1,1	0,20	0,2	1,04
n-Heptan	0,23	0,24	1,23	0,17	0,17	0,89	0,16	0,16	0,83
n-Oktan	<0,19	-	-	0,21	0,21	1,1	0,12	0,12	0,62
n-Nonan	0,42	0,43	2,25	0,41	0,41	2,15	0,39	0,39	2,02
n-Dekan	0,80	0,82	4,29	0,87	0,88	4,57	1,04	1,04	5,4
n-Undekan	0,80	0,82	4,29	1,03	1,04	5,41	1,17	1,16	6,07
n-Dodekan	0,29	0,3	1,55	0,36	0,36	1,89	0,42	0,42	2,18
Terpene									
Campher	0,35	0,36	1,88	0,63	0,64	3,31	0,45	0,45	2,33
α-Pinen	0,86	0,88	4,61	0,98	0,99	5,15	1,02	1,02	5,29
β-Pinen	1,03	1,06	5,52	1,18	1,2	6,2	1,33	1,32	6,9
Limonen	10,9	11,2	58,25	12,4	12,55	65,35	13,5	13,46	70,01

2. Probenahme/Rohgas						
	Probe 3, 12.11.98, 15:53-16:23			Probe 4, 12.11.98, 16:25-17:25		
Parameter	Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Alkane						
Cyclohexan	0,12	0,4	0,8	0,06	0,07	0,40
n-Heptan	0,25	0,29	1,67	0,14	0,16	0,93
n-Oktan	0,19	0,22	1,27	0,14	0,16	0,93
n-Nonan	0,19	0,22	1,27	0,12	0,14	0,8
n-Dekan	0,23	0,27	1,54	0,17	0,2	1,13
n-Undekan	0,37	0,43	2,47	0,20	0,23	1,33
n-Dodekan	0,28	0,33	1,87	0,20	0,23	1,33
Terpene						
Campher	0,47	0,55	3,14	0,29	0,34	1,9
α-Pinen	0,48	0,56	0,32	0,37	0,43	2,47
β-Pinen	0,35	0,41	2,34	0,27	0,31	1,8
Limonen	8,5	9,9	56,87	7,6	8,79	50,5

2. Probenahme/Reingas						
<i>Parameter</i>	Probe 1, 12.11.98, 11:09-11:39			Probe 2, 12.11.98, 11:43-12:43		
	<i>Einheit</i>			<i>Einheit</i>		
	<i>mg/Nm³</i>	<i>g/h</i>	<i>g/t</i>	<i>mg/Nm³</i>	<i>g/h</i>	<i>g/t</i>
Alkane						
Cyclohexan	0,11	0,11	0,65	0,07	0,073	0,42
n-Heptan	0,22	0,23	1,31	0,15	0,16	0,9
n-Oktan	0,20	0,21	1,19	0,12	0,125	0,72
n-Nonan	0,21	0,22	1,25	0,17	0,18	1,02
n-Dekan	0,31	0,32	1,84	0,25	0,26	1,5
n-Undekan	0,39	0,403	2,32	0,40	0,42	2,4
n-Dodekan	0,34	0,35	2,02	0,33	0,34	1,98
Terpene						
Campher	0,40	0,41	2,38	0,37	0,39	2,21
α -Pinen	0,67	0,69	3,98	0,68	0,71	4,07
β -Pinen	0,49	0,51	2,91	0,47	0,49	2,81
Limonen	11,1	11,49	66,03	13,57	14,12	81,17

1. Probenahme/Rohgas									
	Probe 1, 9.9.98, 16:23-16:38			Probe 2, 9.9.98, 16:41-17:11			Probe 3, 9.9.98, 17:13-18:13		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Aromaten									
Benzol	n.n.	-	-	<0,12	-	-	<0,06	-	-
Toluol	0,58	0,6	3,12	0,58	0,59	3,05	0,57	0,57	2,95
Ethylbenzol	0,25	0,26	1,34	0,21	0,21	1,1	0,21	0,21	1,09
m-,p-Xylol	0,51	0,52	2,73	0,55	0,55	2,89	0,54	0,54	2,8
o-Xylol	0,25	0,26	1,34	0,20	0,2	1,05	0,20	0,2	1,04
Styrol	<0,24	-	-	0,18	0,18	0,95	0,19	0,19	0,98
Chlorbenzole									
Chlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,3-Dichlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,4-Dichlorbenzol	<0,45	-	-	0,48	0,48	2,52	0,53	0,53	2,75

2. Probenahme/Rohgas						
	Probe 3, 12.11.98, 15:53-16:23			Probe 4, 12.11.98, 16:25-17:25		
Parameter	Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Aromaten						
Benzol	n.n.	-	-	<0,03	-	-
Toluol	0,08	0,09	0,53	0,08	0,093	0,53
Ethylbenzol	0,37	0,43	2,47	0,19	0,22	1,27
m-,p-Xylol	0,54	0,63	3,6	0,27	0,31	1,8
o-Xylol	0,20	0,23	1,34	0,10	0,17	0,67
Styrol	n.n.	-	-	0,17	0,2	1,13
Chlorbenzole						
Chlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,3-Dichlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-

2. Probenahme/Reingas						
	Probe 1, 12.11.98, 11:09-11:39			Probe 2, 12.11.98, 11:43-12:43		
Parameter	Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Aromaten						
Benzol	n.n.	-	-	<0,03	-	-
Toluol	0,10	0,1	0,59	0,12	0,12	0,72
Ethylbenzol	0,37	0,38	2,2	0,21	0,22	1,26
m-,p-Xylol	0,48	0,5	2,85	0,31	0,32	1,85
o-Xylol	0,18	0,19	1,07	0,10	0,1	0,6
Styrol	n.n.	-	-	0,18	0,19	1,08
Chlorbenzole						
Chlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,3-Dichlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	-	-	n.n.	-	-

5.6 Acetate und Ketone

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 9.9.98, 16:23-16:38			Probe 2, 9.9.98, 17:13-18:13		
Parameter	Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Acetate						
n-Butylacetat	0,35	0,36	1,88	0,36	0,36	1,87
iso-Butylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
tert. Butylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Ethylacetat	0,68	0,7	3,64	0,70	0,7	3,63
Ketone						
Aceton	29,9	30,78	160,33	27,6	27,48	143,13
2-Butanon	7,3	7,48	38,96	6,6	6,59	34,32
2-Hexanon	0,05	0,051	0,27	0,08	0,08	0,414

2. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 12.11.98, 15:53-16:23			Probe 2, 12.11.98, 16:25-17:25		
Parameter	Einheit			Einheit		
	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Acetate						
n-Butylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
iso-Butylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
tert. Butylacetat	n.a.	-	-	n.a.	-	-
Ethylacetat	0,19	0,22	1,27	0,19	0,22	1,27
Ketone						
Aceton	4,4	5,09	29,24	3,1	3,64	20,9
2-Butanon	1,8	2,14	12,28	1,8	2,14	12,28
2-Hexanon	n.n.	-	-	n.n.	-	-

2. Probenahme/Reingas						
	Probe 1, 12.11.98, 11:09-11:39			Probe 2, 12.11.98, 11:43-12:43		
<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>			<i>Einheit</i>		
	<i>mg/Nm³</i>	<i>g/h</i>	<i>g/t</i>	<i>mg/Nm³</i>	<i>g/h</i>	<i>g/t</i>
Acetate						
n-Butylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
iso-Butylacetat	n.n.	-	-	0,08	0,08	0,48
tert. Butylacetat	n.a.	-	-	n.a.	-	-
Ethylacetat	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Ketone						
Aceton	2,8	2,88	16,57	2,8	2,88	16,57
2-Butanon	1,5	1,51	8,67	2,0	2,1	12,02
2-Hexanon	n.n.	-	-	n.n.	-	-

5.7 CKW

1. Probenahme/Rohgas									
	Probe 1, 9.9.98, 16:23-16:38			Probe 2, 9.9.98, 16:41-17:11			Probe 3, 9.9.98, 17:13-18:13		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
CKW	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
1,1-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Dichlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
trans-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
cis-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlormethan	22,1	22,7	118,4	20,7	20,9	108,7	19,2	19,1	99,5
1,1,1-Trichlorethan	21,6	22,2	115,8	22,3	22,5	117,1	19,0	18,9	98,5
Tetrachlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlorethen	30,3	31,2	162,4	30,7	31	161,3	30,7	30,6	159,2
Tetrachlorethen	< 8	-	-	7,9	8	41,5	7,1	7,1	36,8

2. Probenahme/Rohgas									
	Probe 4, 12.11.98, 15:35-15:50			Probe 5, 12.11.98, 15:53-16:23			Probe 6, 12.11.98, 16:25-17:25		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
CKW	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
1,1-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Dichlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
trans-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
cis-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,2-Dichlorethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,1,1-Trichlorethan	-	-	-	-	-	-	< 3,3	-	-
Tetrachlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlorethen	25,1	29,1	167,4	26,2	30,4	174,9	23,7	27,6	158,4
Tetrachlorethen	8,5	9,9	56,6	9,1	10,6	61	8,2	9,6	55

2. Probenahme/Reingas									
	Probe 1, 12.11.98, 10:47-11:02			Probe 2, 12.11.98, 11:09-11:39			Probe 3, 12.11.98, 11:43-12:43		
Parameter	Einheit			Einheit			Einheit		
CKW	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
1,1-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Dichlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
trans-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
cis-1,2-Dichlorethen	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,2-Dichlorethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
1,1,1-Trichlorethan	-	-	-	-	-	-	< 3,3	-	-
Tetrachlormethan	n.n.	-	-	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Trichlorethen	27,2	27,7	159,2	32,9	34	195,6	30	31,3	179,6
Tetrachlorethen	9,3	9,5	54,6	11,5	11,9	68,5	11,8	12,3	70,4

5.8 Schwermetalle

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 8.9.98, 19:13-19:43			Probe 2, 9.9.98, 10:11-10:41		
Parameter	Einheit			Einheit		
SM	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
As	< 0,01	-	-	< 0,01	-	-
Hg ^{*)}	3,20	3,72	19,36	4,40	4,52	23,54
Cd	0,02	0,023	0,12	< 0,006	-	-
Pb	0,34	0,4	2,06	0,10	0,1	0,54
Cu	0,2	0,23	1,21	< 0,14	-	-
Mn	0,4	0,46	2,42	0,2	0,21	1,07
Ni	< 0,13	-	-	< 0,14	-	-

*) *gesonderte Probenahme*

2. Probenahme/Reingas						
	Probe 1, 11.11.98, 18:05-18:35			Probe 2, 11.11.98, 16:35-17:05		
Parameter	Einheit			Einheit		
SM	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
As	< 0,02	-	-	n.a.	-	-
Hg ^{*)}	1,36	1,35	7,76	1,05	1,04	6
Cd	< 0,003	-	-	n.a.	-	-
Pb	< 0,065	-	-	n.a.	-	-
Cu	< 0,16	-	-	n.a.	-	-
Mn	< 0,16	-	-	n.a.	-	-
Ni	0,21	0,19	1,12	n.a.	-	-

*) *gesonderte Probenahme*

5.9 FCKW

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 9.9.98, 9:00-9:02			Probe 2, 9.9.98, 9:03-9:05		
Parameter	Einheit			Einheit		
FCKW	mg/Nm ³	mg/h	mg/t	mg/Nm ³	mg/h	mg/t
Trichlorfluor- methan, R11	0,39	-	-	0,40	-	-
Dichlordifluor- methan, R12	0,24	-	-	0,22	-	-
Dichlorfluor- methan, R21	n.a.	-	-	n.a.	-	-
1,1,2-Trichlor- trifluorethan, R113	0,33	-	-	0,33	-	-
1,2-Dichlor- tetrafluorethan, R114	0,21	-	-	0,24	-	-

Anmerkung: Keine Berechnung der Frachten, da keine Angaben über V, p, T, etc. vorhanden sind.

5.10 Aldehyde

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 9.9.98, 15:58-16:08			Probe 2, 10.9.98, 9:36-9:50		
Parameter	Einheit			Einheit		
Aldehyde	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Formaldehyd	n.n.	-	-	n.n.	-	-
Acetaldehyd	26,6	27,92	145,16	26,6	26,8	139,42
Propionaldehyd	0,65	0,68	3,52	0,62	0,63	3,25
Valeraldehyd	n.n.	-	-	n.n.	-	-

2. Probenahme/Rohgas						
	Probe 3, 12.11.98, 15:12-15:15			Probe 4, 12.11.98, 15:19-15:24		
Parameter	Einheit			Einheit		
Aldehyde	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Formaldehyd	0,03	0,035	0,20	0,02	0,023	0,14
Acetaldehyd	6,6	7,81	44,96	7,4	8,68	49,98
Propionaldehyd	0,17	0,2	1,15	0,17	0,2	1,15
Valeraldehyd	n.n.	-	-	n.n.	-	-

2. Probenahme/Reingas						
	Probe 1, 12.11.98, 10:17-10:20			Probe 2, 12.11.98, 10:29-10:34		
Parameter	Einheit			Einheit		
Aldehyde	mg/Nm ³	g/h	g/t	mg/Nm ³	g/h	g/t
Formaldehyd	0,02	0,02	0,12	0,02	0,02	0,12
Acetaldehyd	0,30	0,3	1,75	0,24	0,24	1,4
Propionaldehyd	0,04	0,04	0,23	0,03	0,03	0,18
Valeraldehyd	n.n.	-	-	n.n.	-	-

5.11 PAH

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 10.09.98, 9:25-11:25			Probe 2, 10.09.98, 11:50-13:50		
Parameter	Einheit			Einheit		
PAH	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{h}$	$\mu\text{g}/\text{t}$	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{h}$	$\mu\text{g}/\text{t}$
Naphthalin	17,1	17253,0	89709,2	20,6	20167,3	104862,4
Acenaphthylen	0,20	197,9	1028,9	0,15	142,9	743,1
Acenaphthen	0,81	814,7	4236,4	0,87	853,5	4438,0
Fluoren	1,10	1108,5	5764,0	0,58	569,7	2962,0
Phenanthren	1,87	1883,9	9795,6	2,35	2300,2	11960,1
Anthracen	0,21	211,0	1097,2	0,12	117,5	610,7
Fluoranthen	0,21	207,0	1076,2	0,04	35,2	183,2
Pyren	0,15	151,4	787,4	0,03	31,3	162,9
Benz(a)anthracen	-	-	-	0,03	26,4	137,4
Triphenylen	-	-	-	0,004	3,9	20,4
Benz(b)fluoranthen	0,02	18,2	94,5	0,01	11,7	61,1
Benz(k)fluoranthen	0,02	16,2	84,0	0,01	13,7	71,3
Benz(e)pyren	-	-	-	0,003	2,9	15,3
Benz(a)pyren	0,01	12,1	63,0	0,02	14,7	76,3
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,02	18,2	94,5	0,02	17,6	91,6
Benz(a,h)anthracen	0,01	12,1	63,0	0,02	15,7	81,4
Benzo(g,h,i)perylen	0,02	23,2	120,7	0,02	19,6	101,8

5.12 Chlorbenzole und Phthalate

1. Probenahme/Rohgas						
	Probe 1, 9.9.98, 12:35-15:05			Probe 2, 9.9.98, 15:30-18:00		
Parameter	Einheit			Einheit		
Chlorbenzole	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	mg/h	mg/t
1,3,5 Trichlorbenzol <i>qualitativ</i>	0,04 - 0,28	0,04-0,29	0,22-1,53	0,03 - 0,19	0,031-0,19	0,16-1
1,2,4 Trichlorbenzol	4,6	4,85	25,24	3,9	3,9	20,34
1,2,3 Trichlorbenzol	1,16	1,22	6,3	1,00	1,02	5,28
1,2,3,5 Tetrachlorbenzol	0,007	0,007	0,038	0,006	0,006	0,032
1,2,4,5 Tetrachlorbenzol	0,03	0,03	0,16	0,02	0,021	0,111
1,2,3,4 Tetrachlorbenzol	0,05	0,05	0,27	0,03	0,03	0,153
Pentachlorbenzol	0,06	0,063	0,33	0,05	0,048	0,25
Hexachlorbenzol	0,03	0,035	0,18	0,03	0,03	0,15
Phthalate						
Dimethylphthalat <i>halbquant.</i>	1,4	1,47	7,6	3,6	3,66	19,02
Diethylphthalat	2,1	2,2	11,45	7,2	7,32	38,05
Dibutylphthalat	1,8	1,89	9,8	8,1	8,23	42,81
Benzylbutylphthalat	< 0,2	-	-	< 0,2	-	-
Diethylhexylphthalat	< 0,2	-	-	< 0,2	-	-
Diocetylphthalat	< 0,2	-	-	< 0,2	-	-

2. Probenahme/Reingas			
	Probe 1, 11.11.98, 11:53-13:53		
Parameter	Einheit		
Chlorbenzole	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	$\mu\text{g}/\text{h}$	$\mu\text{g}/\text{t}$
1,3,5 Trichlorbenzol <i>qualitativ</i>	0,08 - 0,53	85,9 - 568,8	494,3 - 3274,7
1,2,4 Trichlorbenzol	8,7	9304,4	53568,7
1,2,3 Trichlorbenzol	1,09	1169,8	6734,7
1,2,3,5 Tetrachlorbenzol	0,005	5,4	30,9
1,2,4,5 Tetrachlorbenzol	0,02	18,2	105,0
1,2,3,4 Tetrachlorbenzol	0,02	21,5	123,6
Pentachlorbenzol	0,02	20,4	117,4
Hexachlorbenzol	0,005	5,4	30,9
Phthalate			
Dimethylphthalat <i>halbquant.</i>	< 0,4	-	-
Diethylphthalat	0,5	536,6	3089,3
Dibutylphthalat	0,2	214,6	1235,7
Benzylbutylphthalat	< 0,2	-	-
Diethylhexylphthalat	< 0,2	-	-
Diocetylphthalat	< 0,2	-	-

6 AUSBLICK

Das Umweltbundesamt bearbeitet zur Zeit gemeinsam mit dem Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie ein Projekt über Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll. In dieses Projekt werden unter anderem die Ergebnisse dieser Publikation, die Erfahrungen aus den Messungen von Abluftemissionen bei mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen und Erfahrungen aus Deutschland (z.B. BMBF-Verbundvorhaben) einfließen. Das geplante Projekt wird sowohl theoretische Arbeiten (Emissionen, Technologie der Abluftreinigung, etc.) als auch praktische Arbeiten (Messungen, Anwendung von Abluftreinigungstechnologien, etc.) zur Thematik der Emissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung beinhalten.

Durch das Projekt des BMUJF mit dem UBA sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Parameter sind in der Abluft aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen relevant und daher zu messen ?
- Welche Emissionsgrenzwerte sind für diese Parameter festzulegen ?
- Welche Konzepte (Ablufferfassung, Abluftführung, Teilstrombehandlung etc.) und welche Abluftreinigungstechnologien sind zur Einhaltung dieser Emissionsgrenzwerte erforderlich ?

Aus den Ergebnissen des Projekts des BMUJF mit dem UBA sollen Anforderungen abgeleitet werden können, die in eine gesetzliche Regelung für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung Eingang finden.

7 LITERATUR

ANGERER T. (1997): Stand der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) in Österreich. Diplomarbeit am Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik, Montanuniversität Leoben.

BERGER H. (1998): Mitteilung der Fa. Thöni Industriebetriebe GmbH.

HARANT M. (1999): Stoffflußanalyse bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. Dissertation zur Erlangung eines Grades des Doktors der Montanistischen Wissenschaften, Montanuniversität Leoben.

HÄUSLER G., ANGERER T. (1999): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Anlage Allerheiligen. Bericht Band 138 des Umweltbundesamtes.

HÄUSLER G., ANGERER T. (1998): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Anlage Siggerwiesen. Bericht Band 139 des Umweltbundesamtes.

MOSTBAUER P. et al. (1998). Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen. Report R-151 des Umweltbundesamtes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Publikationen des Umweltbundesamtes, Wien](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [BE-126](#)

Autor(en)/Author(s): Angerer Thomas, Reisenhofer A.

Artikel/Article: [Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Pilotanlage Kufstein. 1-22](#)