

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
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Gesamtkohlenstoff

Folgende Einzelkomponenten wurden mittels diskontinuierlicher Meßverfahren bestimmt:

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



## INHALTSVERZEICHNIS

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





## 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 PROBENAHRME)

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 Mikro-membranabdeckung 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.

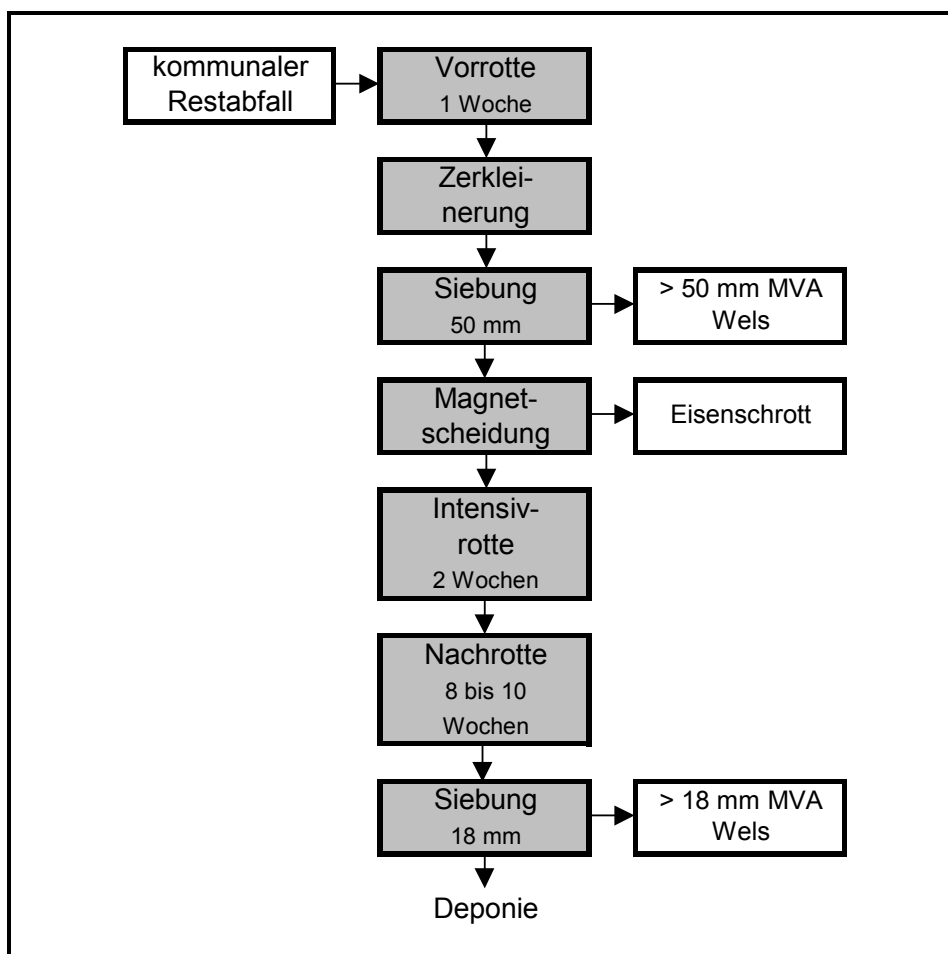


Abbildung 1: Prinzipschema der großtechnischen Pilotanlage in Kufstein (zur Zeit der Probenahme)

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)

|   |                              |                   |
|---|------------------------------|-------------------|
| <b>Nennfüllvolumen des Moduls</b>   | <b>80,0 m<sup>3</sup></b>    |                   |
| <b>Inputmaterial</b>  | <b>Restabfall &lt; 50 mm</b> |                   |
| <b>Befülltag</b>  | <b>25.08.98</b>              |                   |
|   | <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>           | <b>64.620</b>     |
| Gesamtvolumen ca. 85 m <sup>3</sup>   |                              |                   |
| 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)

|   |                                       |                   |
|---|---------------------------------------|-------------------|
| <b>Nennfüllvolumen des Moduls</b>   | <b>80,0 m<sup>3</sup></b>             |                   |
| <b>Inputmaterial</b>  | <b>Restabfall &lt; 50 mm</b>          |                   |
| <b>Befülltag</b>  | <b>10.11.98</b>                       |                   |
|   | <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>                    | <b>43.360</b>     |
|   | <i>bereits im Modul (1 Woche alt)</i> | <b>ca. 15.000</b> |
|   | <i>Gesamtmenge</i>                    | <b>ca. 58.360</b> |
| Gesamtvolumen ca. 75 m <sup>3</sup>   |                                       |                   |
| 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 PROBENAHEME)

Die Abluftströme aus zwei Intensivrotteboxen (je ca. 1.500 m<sup>3</sup>/h Abluft, Restabfallbehandlung bzw. Bioabfallbehandlung) werden getrennt voneinander in zwei Containerbiofilter geleitet. Das Filtermaterial (50 % Rinde, 50 % Holzschnitzel; ca. 25 m<sup>3</sup>) 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 m<sup>3</sup>/h) über einen Flächenbiofilter (ca. 450 m<sup>3</sup>) geführt, gereinigt und an die Umgebungsluft abgegeben. Das Filtermaterial des Flächenfilters besteht zu 100 % aus Rinde.

### 4 MESSTELLEN UND PROBENAHEMEN

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 <sub>2</sub>              |
| ▪ Terpene  | ▪ FCKW <sup>1)</sup> | ▪ CO                          |
| ▪ Aromaten | ▪ Aldehyde           | ▪ CO <sub>2</sub>             |
| ▪ Acetate  | ▪ PAH <sup>1)</sup>  | ▪ Ablufttemperatur            |
| ▪ Ketone   | ▪ Chlorbenzole       | ▪ Abluftfeuchte <sup>2)</sup> |
| ▪ 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 <sub>2</sub>   |
| ▪ Terpene  |                     | ▪ CO               |
| ▪ Aromaten | ▪ Aldehyde          | ▪ CO <sub>2</sub>  |
| ▪ 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 <sub>2</sub> .....   | nicht-dispersives Fotometer-Prinzip mit Zweitstrahl-Wechsellicht-Methode im IR/UV-Spektralbereich in Anlehnung an VDI 2459 Bl. 6 |
| O <sub>2</sub> .....    | 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*<br>(hPa) | mittl. v<br>(m/s) | mittl. T<br>(°C) | mittl. CO<br>(%)      | mittl. CO <sub>2</sub><br>(%) | mittl. O <sub>2</sub><br>(%) | C <sup>2</sup><br>(mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> |
|--|-----------------|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| <b>08.09.98</b>  | 15:56           | 16:26 | <b>HgI</b>       | 959               | 14,0              | 34,0             | 0,016                 | 1,172                         | 19,680                       | 285,8  |
|  | 17:53           | 18:23 | <b>HgII</b>      | 959               | 14,2              | 34,2             | 0,019                 | 1,489                         | 19,322                       | 176,1  |
|  | 19:13           | 19:43 | <b>SM1</b>       | 960               | 14,2              | 32,8             | 0,018                 | 1,634                         | 19,152                       | 153,4  |
| <b>09.09.98</b>  | 10:11           | 10:41 | <b>SM2</b>       | 961               | 14,4              | 49,8             | 0,025                 | 1,111                         | 19,785                       | 275,6  |
|  | 12:35           | 15:05 | <b>PhthalatA</b> | 960               | 14,3              | 47,2             | 0,023                 | 1,216                         | 19,652                       | 241,2  |
|  | 15:30           | 18:00 | <b>PhthalatB</b> | 958               | 13,9              | 47,4             | 0,024                 | 1,143                         | 19,673                       | 204,5  |
|  | 13:08           | 13:38 | <b>NH3-A</b>     | 959               | 14,3              | 46,6             | 0,024                 | 1,201                         | 19,684                       | 247,6  |
|  | 13:48           | 14:18 | <b>NH3-B</b>     | 959               | 14,3              | 46,9             | 0,024                 | 1,238                         | 19,626                       | 242,5  |
|  | 14:25           | 14:55 | <b>NH3-C</b>     | 959               | 14,3              | 47,8             | 0,022                 | 1,237                         | 19,584                       | 231,5  |
|  | 16:13           | 16:18 | <b>VOC1</b>      | 957               | 14,3              | 47,1             | 0,022                 | 1,141                         | 19,709                       | 202,4  |
|  | 16:23           | 16:38 | <b>VOC2</b>      | 956               | 14,1              | 47,4             | 0,024                 | 1,124                         | 19,709                       | 204,5  |
|  | 16:41           | 17:11 | <b>VOC3</b>      | 956               | 13,8              | 46,9             | 0,024                 | 1,127                         | 19,688                       | 206,5  |
|  | 17:13           | 18:13 | <b>VOC4</b>      | 957               | 13,5              | 46,4             | 0,025                 | 1,149                         | 19,654                       | 206,2  |
|  | 15:58           | 16:01 | <b>Ald. A</b>    | 958               | 14,5              | 48,4             | 0,024                 | 1,195                         | 19,634                       | 205,2  |
|  | 16:05           | 16:08 | <b>Ald. B</b>    | 957               | 14,4              | 47,7             | 0,024                 | 1,165                         | 19,684                       | 205,2  |
|  | <b>10.09.98</b> | 09:25 | 11:25            | <b>PAH-A</b>      | 959               | 13,9             | 47,8                  | 0,017                         | 1,221                        | 19,550   |
| 11:50  |                 | 13:50 | <b>PAH-B</b>     | 957               | 13,5              | 47,7             | 0,018                 | 1,153                         | 19,615                       | 135,7  |
| 09:36  |                 | 09:41 | <b>Ald. C</b>    | 959               | 13,9              | 48,0             | 0,017                 | 1,428                         | 19,367                       | 418,6  |
| 09:45  |                 | 09:50 | <b>Ald. D</b>    | 959               | 13,9              | 48,0             | 0,018                 | 1,349                         | 19,422                       | 387,7  |
| * P Luftdruck zum Zeitpunkt der Probenahme             |                 |       |                  |                   |                   |                  | Ald. ... Aldehyde     |                               |                              |  |
| <sup>1</sup> Normvolumen, bezogen auf 0°C, 1013,25 hPa |                 |       |                  |                   |                   |                  | SM .... Schwermetalle |                               |                              |  |
| <sup>2</sup> Gesamtkohlenstoff                         |                 |       |                  |                   |                   |                  | VOC .. Alkane, etc.   |                               |                              |  |

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

|  | von   | bis   | Komp.    | mittl.P*<br>(hPa) | mittl. v<br>(m/s) | mittl. T<br>(°C) | mittl. CO<br>(%)      | mittl. CO <sub>2</sub><br>(%) | mittl. O <sub>2</sub><br>(%) | C <sup>2</sup><br>(mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> |
|--|-------|-------|----------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| <b>11.11.98</b>  | 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  |
| <b>12.11.98</b>  | 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     |                               |                              |  |
| <sup>1</sup> Normvolumen, bezogen auf 0°C, 1013,25 hPa |       |       |          |                   |                   |                  | SM .... Schwermetalle |                               |                              |  |
| <sup>2</sup> 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/m<sup>3</sup>) festgestellt werden.

### 5.4 Ammoniak

| 1. Probenahme/Rohgas |                                 |       |       |                                 |       |       |                                 |      |       |
|----------------------|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|------|-------|
|                      | Probe 1, 9.9.98,<br>13:08-13:38 |       |       | Probe 2, 9.9.98,<br>13:48-14:18 |       |       | Probe 3, 9.9.98,<br>14:25-14:55 |      |       |
| Parameter            | Einheit                         |       |       | Einheit                         |       |       | Einheit                         |      |       |
| Ammoniak             | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h  | g/t   |
| NH <sub>3</sub>      | 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,<br>14:02-14:32 |       |        | Probe 2, 12.11.98,<br>14:35-15:05 |       |        |
| Parameter            | Einheit                           |       |        | Einheit                           |       |        |
| Ammoniak             | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t    | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t    |
| NH <sub>3</sub>      | 38,6                              | 45,55 | 262,26 | 53,0                              | 62,35 | 358,98 |

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

## 5.5 VOC

| 1. Probenahme/Rohgas |                                 |      |       |                                 |       |       |                                 |       |       |
|----------------------|---------------------------------|------|-------|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                      | Probe 1, 9.9.98,<br>16:23-16:38 |      |       | Probe 2, 9.9.98,<br>16:41-17:11 |       |       | Probe 3, 9.9.98,<br>17:13-18:13 |       |       |
| Parameter            | Einheit                         |      |       | Einheit                         |       |       | Einheit                         |       |       |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h  | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t   |
| <b>Alkane</b>        |                                 |      |       |                                 |       |       |                                 |       |       |
| 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  |
| <b>Terpene</b>       |                                 |      |       |                                 |       |       |                                 |       |       |
| 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,<br>15:53-16:23 |      |       | Probe 4, 12.11.98,<br>16:25-17:25 |      |      |
| Parameter            | Einheit                           |      |       | Einheit                           |      |      |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t  |
| <b>Alkane</b>        |                                   |      |       |                                   |      |      |
| 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 |
| <b>Terpene</b>       |                                   |      |       |                                   |      |      |
| 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 |                                   |       |       |                                   |       |       |
|-----------------------|-----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|
| Parameter             | Probe 1, 12.11.98,<br>11:09-11:39 |       |       | Probe 2, 12.11.98,<br>11:43-12:43 |       |       |
|                       | Einheit                           |       |       | Einheit                           |       |       |
|                       | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t   |
| <b>Alkane</b>         |                                   |       |       |                                   |       |       |
| 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  |
| <b>Terpene</b>        |                                   |       |       |                                   |       |       |
| 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 |                                 |      |      |                                 |      |      |                                 |      |      |
|----------------------|---------------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|
| Parameter            | Probe 1, 9.9.98,<br>16:23-16:38 |      |      | Probe 2, 9.9.98,<br>16:41-17:11 |      |      | Probe 3, 9.9.98,<br>17:13-18:13 |      |      |
|                      | Einheit                         |      |      | Einheit                         |      |      | Einheit                         |      |      |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h  | g/t  | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h  | g/t  | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h  | g/t  |
| <b>Aromaten</b>      |                                 |      |      |                                 |      |      |                                 |      |      |
| 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 |
| <b>Chlorbenzole</b>  |                                 |      |      |                                 |      |      |                                 |      |      |
| 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 |                                   |      |      |                                   |       |      |
|----------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|-------|------|
| Parameter            | Probe 3, 12.11.98,<br>15:53-16:23 |      |      | Probe 4, 12.11.98,<br>16:25-17:25 |       |      |
|                      | Einheit                           |      |      | Einheit                           |       |      |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t  | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t  |
| <b>Aromaten</b>      |                                   |      |      |                                   |       |      |
| 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 |
| <b>Chlorbenzole</b>  |                                   |      |      |                                   |       |      |
| Chlorbenzol          | n.n.                              | -    | -    | n.n.                              | -     | -    |
| 1,3-Dichlorbenzol    | n.n.                              | -    | -    | n.n.                              | -     | -    |
| 1,4-Dichlorbenzol    | n.n.                              | -    | -    | n.n.                              | -     | -    |

| 2. Probenahme/Reingas |                                   |      |      |                                   |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|
| Parameter             | Probe 1, 12.11.98,<br>11:09-11:39 |      |      | Probe 2, 12.11.98,<br>11:43-12:43 |      |      |
|                       | Einheit                           |      |      | Einheit                           |      |      |
|                       | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t  | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t  |
| <b>Aromaten</b>       |                                   |      |      |                                   |      |      |
| 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 |
| <b>Chlorbenzole</b>   |                                   |      |      |                                   |      |      |
| 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,<br>16:23-16:38 |       |        | Probe 2, 9.9.98,<br>17:13-18:13 |       |        |
| Parameter            | Einheit                         |       |        | Einheit                         |       |        |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t    | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t    |
| <b>Acetate</b>       |                                 |       |        |                                 |       |        |
| 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   |
|                      |                                 |       |        |                                 |       |        |
| <b>Ketone</b>        |                                 |       |        |                                 |       |        |
| 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,<br>15:53-16:23 |      |       | Probe 2, 12.11.98,<br>16:25-17:25 |      |       |
| Parameter            | Einheit                           |      |       | Einheit                           |      |       |
|                      | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t   |
| <b>Acetate</b>       |                                   |      |       |                                   |      |       |
| 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  |
|                      |                                   |      |       |                                   |      |       |
| <b>Ketone</b>        |                                   |      |       |                                   |      |       |
| 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.                              | -    | -     |

| <b>2. Probenahme/Reingas</b> |                                   |            |            |                                   |            |            |
|------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|
|                              | Probe 1, 12.11.98,<br>11:09-11:39 |            |            | Probe 2, 12.11.98,<br>11:43-12:43 |            |            |
| <i>Parameter</i>             | <i>Einheit</i>                    |            |            | <i>Einheit</i>                    |            |            |
|                              | <i>mg/Nm<sup>3</sup></i>          | <i>g/h</i> | <i>g/t</i> | <i>mg/Nm<sup>3</sup></i>          | <i>g/h</i> | <i>g/t</i> |
| <b>Acetate</b>               |                                   |            |            |                                   |            |            |
| 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.                              | -          | -          |
|                              |                                   |            |            |                                   |            |            |
| <b>Ketone</b>                |                                   |            |            |                                   |            |            |
| 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,<br>16:23-16:38 |      |       | Probe 2, 9.9.98,<br>16:41-17:11 |      |       | Probe 3, 9.9.98,<br>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,<br>15:35-15:50 |      |       | Probe 5, 12.11.98,<br>15:53-16:23 |      |       | Probe 6, 12.11.98,<br>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,<br>10:47-11:02 |      |       | Probe 2, 12.11.98,<br>11:09-11:39 |      |       | Probe 3, 12.11.98,<br>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,<br>19:13-19:43 |       |       | Probe 2, 9.9.98,<br>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 <sup>*)</sup>     | 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,<br>18:05-18:35 |      |      | Probe 2, 11.11.98,<br>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 <sup>*)</sup>      | 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,<br>9:00-9:02 |      |      | Probe 2, 9.9.98,<br>9:03-9:05 |      |      |
| Parameter                                 | Einheit                       |      |      | Einheit                       |      |      |
| FCKW                                      | mg/Nm <sup>3</sup>            | mg/h | mg/t | mg/Nm <sup>3</sup>            | mg/h | mg/t |
| Trichlorfluor-<br>methan,<br>R11          | 0,39                          | -    | -    | 0,40                          | -    | -    |
| Dichlordifluor-<br>methan,<br>R12         | 0,24                          | -    | -    | 0,22                          | -    | -    |
| Dichlorfluor-<br>methan,<br>R21           | n.a.                          | -    | -    | n.a.                          | -    | -    |
| 1,1,2-Trichlor-<br>trifluorethan,<br>R113 | 0,33                          | -    | -    | 0,33                          | -    | -    |
| 1,2-Dichlor-<br>tetrafluorethan,<br>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,<br>15:58-16:08 |       |        | Probe 2, 10.9.98,<br>9:36-9:50 |      |        |
| Parameter            | Einheit                         |       |        | Einheit                        |      |        |
| Aldehyde             | mg/Nm <sup>3</sup>              | g/h   | g/t    | mg/Nm <sup>3</sup>             | 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,<br>15:12-15:15 |       |       | Probe 4, 12.11.98,<br>15:19-15:24 |       |       |
| Parameter            | Einheit                           |       |       | Einheit                           |       |       |
| Aldehyde             | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h   | g/t   | mg/Nm <sup>3</sup>                | 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,<br>10:17-10:20 |      |      | Probe 2, 12.11.98,<br>10:29-10:34 |      |      |
| Parameter             | Einheit                           |      |      | Einheit                           |      |      |
| Aldehyde              | mg/Nm <sup>3</sup>                | g/h  | g/t  | mg/Nm <sup>3</sup>                | 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,<br>9:25-11:25 |                        |                        | Probe 2, 10.09.98,<br>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                      |                      |                      |
| <b>Chlorbenzole</b>                       | $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$    | $\text{mg}/\text{h}$ | $\text{mg}/\text{t}$ | $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$    | $\text{mg}/\text{h}$ | $\text{mg}/\text{t}$ |
| 1,3,5 Trichlorbenzol<br><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                 |
|   |                              |                      |                      |                              |                      |                      |
| <b>Phthalate</b>                          |                              |                      |                      |                              |                      |                      |
| Dimethylphthalat<br><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                        |                        |                        |
| <b>Chlorbenzole</b>                       | $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$      | $\mu\text{g}/\text{h}$ | $\mu\text{g}/\text{t}$ |
| 1,3,5 Trichlorbenzol<br><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                   |
|   |                                |                        |                        |
| <b>Phthalate</b>                          |                                |                        |                        |
| Dimethylphthalat<br><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.