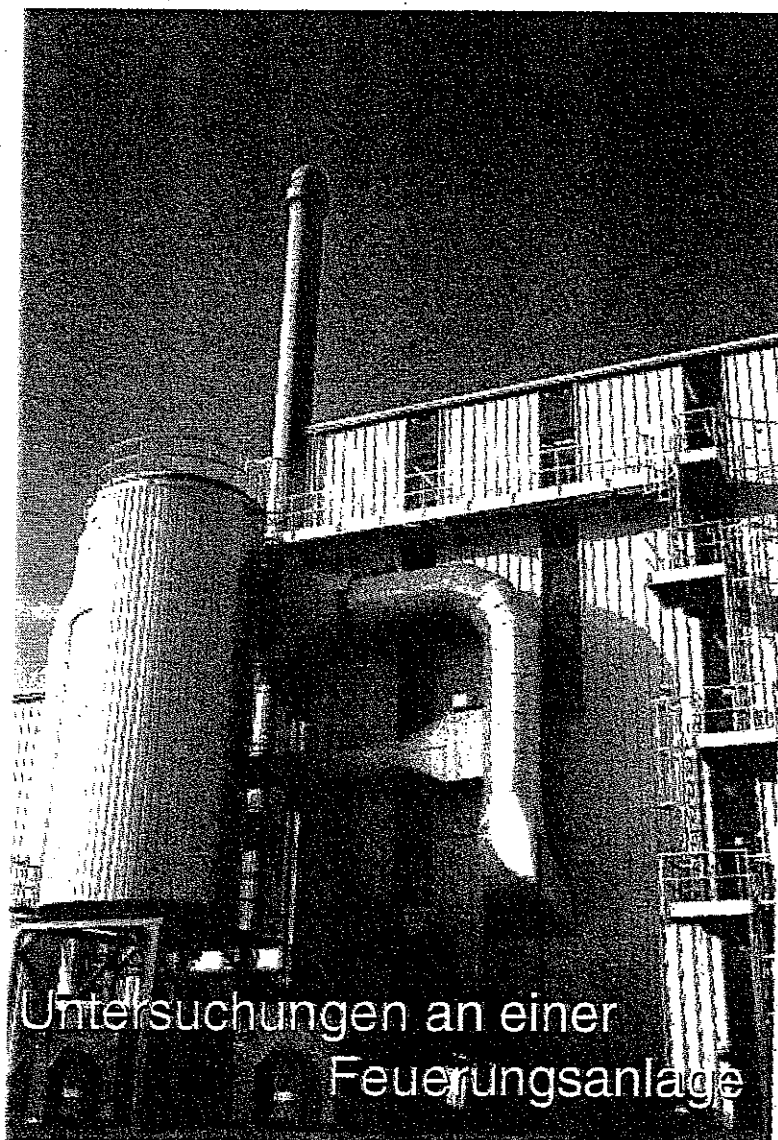




ENERGETISCHE VERWERTUNG VON ALTHOLZ



Untersuchungen an einer
Feuerungsanlage

Meßbericht

Oktober 1998

Grundsatzuntersuchung zur energetischen Verwertung von Altholz

Meß- und Anlagendaten

Oktober 1998

Auftraggeber:

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Elektrastr. 6
81025 München

Auftragnehmer:

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11
82152 Planegg bei München

DQS-zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem
nach DIN EN ISO 9001 (Nr. 5398)

Akkreditiertes Prüflaboratorium
nach DIN EN 45001 (DAR-Reg.-Nr. DAP-P-02.465-01-95-01)

Müller-BBM GmbH
Sitz der Gesellschaft:
82152 Planegg, HRB München 86 143
Geschäftsführer: Rolf Michelsen,
Dr. Gerhard Müller, Dr. Joachim Scheuren

Impressum

Projektteam: C. Seuffert, Th. Heinz, F. Pfützner (MÜLLER-BBM)
G. Ebertsch, H. Frieß, K. Mair (LfU)

Titelbild: MÜLLER-BBM, Planegg

Bezugsquelle: LfU, München

Copyright: LfU, München, 1998

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) / MÜLLER-BBM

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Anlagenbeschreibung	5
3.	Eingesetzte Brennstoffe	7
4.	Meßumfang	8
4.1.	Emissionsmessungen	8
4.2.	Feststoffproben	9
4.3.	Betriebsparameter	9
5.	Betriebsbedingungen während der Messungen	10
6.	Meßergebnisse	11
6.1.	Emissionen	11
6.2.	Feststoffuntersuchungen	13
7.	Anhang A: Meßergebnisse	16
8.	Anhang B: Meß- und Analyseverfahren	43
8.1.	Meß- und Analysenverfahren	44
9.	Anhang C: Fotodokumentation	46

1. Einleitung

Durch die getrennte Erfassung, die Sortierung und Aufbereitung von Althölzern werden von Aufbereitungsbetrieben zunehmend Brennstoffe aus Holzabfällen hergestellt, die als begehrter, weil kostensparender Energieträger zur Erzeugung von Wärme und Strom in industriellen Feuerungsanlagen verbrannt werden. Aus Sicht des Immissionsschutzes ist wegen der regelmäßigen Schadstoffbelastung von Althölzern z.B. durch die vormalige Behandlung mit Holzschutzmitteln der Augenmerk auf eine Verbrennung ohne schädliche Einwirkungen auf die Umwelt zu richten. Dazu ist es erforderlich, daß von der Entsorgungswirtschaft in Abhängigkeit der Belastung der Holzabfälle durch geeignete Sortier- und Aufbereitungsmaßnahmen Brennstoffqualitäten bereitgestellt werden, die in dafür geeigneten Feuerungsanlagen schadlos thermisch verwertet werden können.

Von Aufbereitungsbetrieben können mit vertretbarem Zeit- und Analysenaufwand aus Holzabfällen derzeit Brennstoffe der Belastungsgruppen B I „Naturbelassenes Altholz“, B II „Belastetes Altholz“ und B III „Besonders belastetes Altholz“¹ hergestellt werden. Im Rahmen der vorliegenden Grundsatzuntersuchung „Energetische Verwertung von Altholz“ sollte durch vergleichende Messungen untersucht werden, ob in einer Feuerungsanlage mit gutem Ausbrand und effektiver Staubabscheidung Althölzer der Belastungsgruppe B II ohne nachteilige Auswirkungen für die Umwelt energetisch verwertet werden können. Dazu wurden neben umfangreichen Emissionsmessungen im Abgas der Feuerung auch die anfallenden Rostaschen und Filterstäube sowie die eingesetzten Brennstoffe auf deren Schadstoffgehalt hin untersucht. Als Vergleichsbrennstoffe wurden naturbelassenes Altholz der Belastungsgruppe B I sowie Resthölzer eingesetzt. Bei den verwendeten Resthölzern handelte es sich um Sägeresthölzer und Spanplattenabfälle.

Der vorliegende Bericht beinhaltet die technische Beschreibung der Feuerungsanlage, die Betriebszustände während der Messungen, die angewandten Analyseverfahren und eine Zusammenstellung der Meßergebnisse. Die Aus- und Bewertung der Analyseergebnisse erfolgt durch das Landesamt für Umweltschutz in einem gesonderten Bericht.

¹ siehe Arbeitspapier „Energetische Verwertung von Altholz“, Stand September 1997, Herausgeber Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

2. Anlagenbeschreibung

Bei der untersuchten Feuerungsanlage handelt es sich um eine Rostfeuerungsanlage eines Holzverarbeitenden Betriebes. Mit der Feuerungsanlage wird Strom und Wärme für den Eigenbedarf erzeugt. In dem Holzverarbeitenden Betrieb wird Rundholz zu Schnittholz verarbeitet, das in verschiedenen Veredelungsschritten zu Holzwerkstoffen wie Profildreher, Massivholzplatten und Konstruktionshölzer weiterverarbeitet wird. In der Feuerungsanlage werden naturbelassene Holzabfälle aus der eigenen Produktion sowie Resthölzer verschiedener Herkunft thermisch verwertet.

Die Feuerung ist mit einer zweifachen Luftstufung (Primär- und Sekundärluft) ausgestattet. Die Regelung der Sekundärluftmenge erfolgt in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes im Abgas. Der Brennstofftransport auf dem Rost erfolgt über wassergekühlte Rostschaber. Die Rostasche wird aus dem Feuerraum trocken mittels Schneckenförderer trocken ausgetragen. Der Kessel ist dreizügig als Eintrommel-Naturumlauf-Dampferzeuger ausgeführt.

Die Feuerungsanlage wird über zwei pneumatische Brennstoffverteiler (Spreader Stoker) mit Brennstoffen beschickt. Durch die Art der Brennstoffzuführung kann der Verbrennungsprozeß bereits über die Brennstoffdosierung (Verbrennung feinerer Partikel in der Schwebel) gesteuert werden, so daß die Primärluftzufuhr im Hinblick auf eine Minimierung der Stickstoffoxidemissionen eingestellt werden kann. Zur weiteren Minderung der Stickstoffoxidemissionen ist die Feuerungsanlage mit einer Rauchgasrezirkulation ausgestattet.

Die Abgase der Feuerungsanlage werden über einen Zyklon (Vorentstaubung) und einen Gewebefilter entstaubt. Die Filtertücher werden differenzdruckgesteuert über Druckluft abgereinigt.

Technische Daten der Feuerungsanlage

Hersteller:	Aalborg Boilers
Brennstoff (Herstellerspezifikation):	Rinde, Holz und Holzwerkstoffe nach Nr. 1.2 aa) und bb) des Anhangs der 4. BImSchV Altholz nach 17. BImSchV
Feuerungswärmeleistung:	20,9 MW (Brennstoff Holz mit 30% Wassergehalt)
max. Dampfleistung:	6,7 kg/s mit 36 bar und 450°C
Feuerraumabmessungen:	3.060 mm x 3.060 mm x 12.000 mm (B x T x H)
Feuerraumvolumen:	112 m ³
Rostausführung:	feststehender wassergekühlter Rost mit Schabern zum Materialtransport 3.000 mm x 3.300 mm (B x L)
Verweilzeit im Verbrennungsraum:	2 s bei >850°C
Rauchgasrezirkulation:	ca. 10 - 20 %
Brennstoffzuführung:	2 Schneckenförderer mit pneumatischen Verteilern (Spreader Stoker)

Technische Daten der Abgasreinigung

Zyklon:	Es handelt sich um einen einfachen Zyklon zur Vorabscheidung sehr grober Partikel.
Gewebefilter	
Hersteller:	SIMATEK, DK - 4270 Hong
Bauart:	Schlauchfilter
Baujahr:	1996
Typ:	JM 280/85-05, Serie 3C
Schlauchmaterial:	Rayton
Anzahl der Schläuche:	280 St.
Filterfläche:	960 m ²
max. Filterflächenbelastung:	1,02 m ³ m ⁻² min ⁻¹
Druckdifferenz:	1500 hPa
Temperatur:	150°C
Staubaustrag:	Zellrad und Schnecke
Abreinigung:	differenzdruckabhängige Rückspülung mit Druckluft
Wartungsintervalle:	automatische Kontrolle der Temperatur und des Differenzdrucks sowie der reingasseitigen Rauchgasdichte regelmäßige Überprüfung der Funktion dieser Meßgeräte mindestens jährliche Sichtkontrolle der Filterschläuche
letzte Wartung:	24.03.1998 (Wechsel eines Filterschlauchs)

Technische Daten der Abgasableitung

Höhe:	30 m
Durchmesser der Austrittsöffnung :	1,0 m

3. Eingesetzte Brennstoffe

Im Rahmen der drei Meßreihen wurden die nachfolgend genauer spezifizierten Brennstoffe eingesetzt. Die Brennstoffe der Belastungsgruppen B I und B II wurden von einem altholzaufbereitenden Betrieb bezogen, bei dem bei der Annahme von Altholzsortimenten in Abhängigkeit der Belastung/Vornutzung eine getrennte Erfassung erfolgt. Die Holzaufbereitung erfolgte bei diesem Betrieb wie folgt:

- die vorsortierten Hölzer werden ohne Vorbrechung auf einer Sortierstrecke (Vibrorinne) von unerwünschten Bestandteilen befreit. Von Hand können so über der Sortierstrecke z.B. mit Holzschutzmitteln behandelte Hölzer (soweit erkennbar) und Verunreinigungen wie Kunststoffe, Papier, Folien usw. aussortiert werden. Die Aussortierung von mit Holzschutzmitteln behandelten Hölzern erfolgt je nach der erzeugten Hackschnitzelqualität.
- Zerkleinerung
- Magnetabscheidung
- Siebung.

Datum	Eingesetzte Brennstoffe
1. Meßreihe (27.03.1998)	Naturbelassene Sägeresthölzer aus der Produktion im Werk Wilburgstetten, vermischt mit Resthölzern (Produktionsabfällen) eines Küchenmöbelherstellers (Verhältnis ca. 1:1) Bei den Resthölzern aus der Produktion der Fa. Rettenmeier handelte es sich vorwiegend um Rinden und Sägeresthölzer; bei den Resthölzern bekannter Herkunft handelte es sich i.w. um Schnittabfälle, die bei der Verarbeitung melaminharzbeschichteter Spanplatten eines Küchenmöbelherstellers anfielen.
2. Meßreihe (30.03.1998)	Altholz der Belastungsgruppe B II, als Hackschnitzel von einem altholzaufbereitenden Betrieb* Bei diesem Brennstoff handelte es sich im wesentlichen um zerkleinerte Altholzsortimente verschiedener Herkunft, i.w. von Containerdiensten. Soweit erkennbar, wurden über der Sortierstrecke von Hand mit Holzschutzmitteln behandelte Althölzer sowie Altfenster aussortiert.
3. Meßreihe (31.03.1998)	Naturbelassenes Altholz der Belastungsgruppe B I, als Hackschnitzel von einem altholzaufbereitenden Betrieb* Bei diesem Brennstoff handelte es sich im wesentlichen um zerkleinerte Vollholzpaletten und Transportverpackungen

* gem. Arbeitspapier „Energetische Verwertung von Altholz“

4. Meßumfang

Im Rahmen der Messungen wurden Emissionsmessungen im Roh- und Reingas durchgeführt. Daneben wurden Brennstoffe, Rostaschen und Gewebefilterstäube untersucht.

4.1. Emissionsmessungen

Abgasrandparameter

- Volumenstrom
- Feuchte und statischer Druck
- Abgastemperatur (kontinuierlich)
- Sauerstoffgehalt (kontinuierlich)

Kontinuierliche Emissionsmessungen

- Kohlenmonoxid
- organische Stoffe, als Gesamt-C
- Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid
- Schwefeldioxid

jeweils im Reingas

Einzelmessungen (3 Messungen je Meßreihe)

jeweils im Roh- und Reingas:

- Gesamtstaub
- Schwermetalle: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V, Zn
- HCl
- HF
- polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F)
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Summe der Chlorbenzole
- Summe der Chlorphenole

zusätzlich im Reingas:

- Aldehyde
- Benzol, Toluol, Xylole (BTX)
- Distickstoffoxid (N_2O)
- Phosgen ($COCl_2$)

4.2. Feststoffproben

Brennstoffe

Je Meßreihe wurden jeweils während der PCDD/F-Probenahme im Abgas regelmäßig Brennstoffproben direkt aus dem Bereich der Brennstoffzuführung in die Feuerung entnommen. Die entnommenen Brennstoffproben je Meßreihe (Anzahl 3) wurden zu einer Tagesmischprobe zusammengefaßt und auf die folgenden Parameter hin untersucht:

- unterer Heizwert
- Feuchte- und Aschegehalt
- Chlor- und Fluorgehalt
- Stickstoff- und Schwefelgehalt
- Bor
- Schwermetalle: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V, Zn
- EOX
- PCDD/F
- PCP
- Lindan
- PAH

Rostaschen und Gewebefilterstäube

Je Meßreihe wurden jeweils während der PCDD/F-Probenahme im Abgas in regelmäßigen Abständen Rostasche und Gewebefilterstaubproben direkt aus dem Prozeß (Rostascheaustrag bzw. Gewebefilteraustrag) entnommen. Die entnommenen Brennstoffproben je Meßreihe (Anzahl 3) wurden zu einer Tagesmischprobe zusammengefaßt und auf die folgenden Parameter hin untersucht:

- Schwermetalle: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V, Zn, Ba, Cr(VI)
- PCDD/F
- Parameter gemäß TASI, Anhang B

4.3. Betriebsparameter

Als Betriebsparameter zur Ermittlung des Lastzustandes wurden die Dampfmenge sowie die Brennraumtemperaturen, die vom Betriebsrechner kontinuierlich erfaßt werden, herangezogen. Da die Meßfühler der Temperaturmessung nahe der Wand des Brennraums angebracht sind, wurden vom Betreiber manuelle Vergleichsmessungen in verschiedenen Tiefen durchgeführt.

5. Betriebsbedingungen während der Messungen

Die Anlage wurde während allen Messungen bei Nennlast betrieben.

Die folgende Tabelle faßt die mittleren Betriebsbedingungen an den 3 Meßtagen zusammen:

	27.03.98	30.03.98	31.03.98
Brennstoff	naturbelassene Sägeresthölzer/ Spanplatten, melaminharzbeschichtet (Resthölzer)	Altholz der Kategorie B II	naturbelassenes Altholz der Kategorie B I
mittlerer Heizwert (MJ/kg)	16,0	17,0	18,0
mittlere Dampf- menge (kg/s)	6,4	6,2	6,5
mittlere Feuerraum- temperatur (°C)	880	850	870
mittlerer O ₂ -Gehalt (Vol.-%)	4,4	5,3	5,7
mittlere Abgas- menge (Nm ³ /h)	27.200	25.800	26.800

Weitere Angaben zum eingesetzten Brennstoff, zu den Betriebszuständen sowie zu den Temperaturen im Brennraum sind in den Tabellen im Anhang A dokumentiert.

Am 1. Meßtag war der Ausbrand nicht optimal; in der Rostasche waren erhebliche Anteile an unvollständig verbranntem Brennstoff zu finden. Am 2. Meßtag stand die Anlage während etwa 1,5 Stunden still. Die Schwierigkeiten waren offensichtlich auf die im Rahmen des Meßprogramms so erstmalig verfeuerten Brennstoffe zurückzuführen, auf die die Anlage - insbesondere hinsichtlich der Brennstoffzuführung - optimiert werden mußte.

6. Meßergebnisse

Die Ergebnisse aller Einzelmessungen sowie die Analysenergebnisse der Filterstaub- und Rostaschenproben sind in den Tabellen des Anhangs (7.8.) aufgeführt.

6.1. Emissionen

Nachfolgend werden die wichtigsten Meßergebnisse als Mittel- und Maximalwerte des jeweiligen Meßtages zusammengefaßt. Die Ergebnisse der Staub- und Schwermetallmessungen beziehen sich auf trockenes Abgas im Normzustand und wurden nicht auf den Bezugssauerstoffgehalt umgerechnet. Alle übrige Angaben sind auf trockenes Abgas im Normzustand und einen Sauerstoffgehalt von 11 Vol.-% bezogen.

6.1.1. Kontinuierliche Meßverfahren

Parameter	Meßstelle		27.03.1998 Resthölzer	30.03.1998 Kat. B II	31.03.1998 Kat. B I
NO _x	Reingas	mg/m ³	370 / 389	293 / 324	143 / 151
		kg/h	17 / 17	12 / 13	6,0 / 6,4
CO	Reingas	mg/m ³	109 / 135	86 / 104	95 / 128
		kg/h	4,9 / 6,0	3,4 / 4,3	4,1 / 6,0
SO ₂	Reingas	mg/m ³	< 20 / < 20	< 20 / < 20	< 20 / < 20
		kg/h	< 0,5 / < 0,5	< 0,5 / < 0,5	< 0,5 / < 0,5
Ges.-C	Reingas	mg/m ³	< 3 / < 3	< 3 / < 3 *	< 3 / 3
		kg/h	< 0,1 / < 0,1	< 0,1 / < 0,1	< 0,1 / 0,1

* Aufgrund des teilweise hohen Kohlenstoffanteils (unverbrannte Holzpartikel) im rohgasseitig abgezogenen Staub waren bei den Rohgasmessungen einige Proben für die Schwermetallanalyse unbrauchbar. Bei den angegebenen Werten handelt es sich deshalb um Einzelwerte.

6.1.2. Einzelmessungen

			27.03.1998 Resthölzer	30.03.1998 Kat. B II	31.03.1998 Kat. B I
Gesamt-Staub	Reingas	mg/m ³	0,3 / 0,4	1,6 / 1,7	0,4 / 0,5
		kg/h	0,009 / 0,010	0,041 / 0,043	0,009 / 0,014
	Rohgas	g/m ³	0,17 / 0,20	1,71 / 2,42	0,57 / 1,11
		kg/h	5,1 / 6,0	47 / 67	17 / 34
HCl	Reingas	mg/m ³	0,13 / 0,18	2,8 / 4,9	0,35 / 0,41
		kg/h	0,01 / 0,01	0,11 / 0,20	0,01 / 0,02
	Rohgas	mg/m ³	1,8 / 2,4	18 / 26	1,3 / 3,1
		kg/h	0,09 / 0,12	0,81 / 1,2	0,06 / 0,15
HF	Reingas	mg/m ³	< 0,3 / < 0,4	< 0,9 / 2,6	< 0,1 / < 0,2
		kg/h	< 0,01 / < 0,02	< 0,04 / 0,11	< 0,01 / < 0,01
	Rohgas	mg/m ³	0,5 / 0,6	< 0,2 / 0,2	< 0,1 / < 0,1
		kg/h	24 / 30	< 7 / 10	< 5 / < 5

(Ergebnisse der Einzelmessungen, Fortsetzung)

			27.03.1998 Holzabfälle	30.03.1998 Kat. B II	31.03.1998 Kat. B I
Schwermetalle 17. BImSchV §5, Abs.1 Nr. 3a) (Cd, Tl)	Reingas	mg/m ³ g/h	0,003 / 0,004 0,086 / 0,104	0,008 / 0,021 0,20 / 0,54	0,002 / 0,004 0,056 / 0,12
	Rohgas	mg/m ³ g/h	0,006 / 0,008 0,2 / 0,2	0,38 / * 10,6 / *	0,02 / * 0,6 / *
Schwermetalle 17. BImSchV §5, Abs.1 Nr. 3b) (Hg)	Reingas	mg/m ³ g/h	<0,001 / 0,002 <0,017 / 0,049	<0,001 / <0,001 <0,003 / <0,004	<0,001 / <0,001 <0,003 / <0,004
	Rohgas	mg/m ³ mg/h	<0,001 / 0,001 <0,31 / 0,31	0,001 / 0,001 <0,49 / 0,90	<0,001 / <0,001 <0,31 / <0,31
Schwermetalle 17. BImSchV §5, Abs.1 Nr. 3c)	Reingas	mg/m ³ g/h	0,025 / 0,032 0,7 / 0,9	0,094 / 0,211 2,4 / 5,5	0,023 / 0,042 0,6 / 1,1
	Rohgas	mg/m ³ g/h	5,2 / 6,2 158 / 187	31 / * 853 / *	5,1 / * 155 / *
PCDD/F	Reingas	ng/m ³ µg/h	0,010 / 0,015 0,44 / 0,69	0,087 / 0,20 3,5 / 7,9	0,009 / 0,012 0,38 / 0,48
	Rohgas	ng/m ³ µg/h	0,095 / 0,105 4,8 / 5,2	1,15 / 1,30 51 / 57	0,118 / 0,125 5,7 / 6,0
PAH (EPA 610)	Reingas	mg/m ³ g/h	0,081 / 0,10 3,7 / 4,7	0,12 / 0,13 5,0 / 5,3	0,12 / 0,14 4,9 / 5,6
	Rohgas	mg/m ³ g/h	0,15 / 0,15 7,5 / 7,8	0,13 / 0,15 5,8 / 6,5	0,06 / 0,07 3,0 / 3,6
PCB (Σ LAGA)	Reingas	ng/m ³ mg/h	35 / 36 1,6 / 1,6	48 / 49 1,9 / 2,0	46 / 54 1,9 / 2,2
	Rohgas	ng/m ³ mg/h	113 / 131 5,7 / 6,5	96 / 96 4,2 / 4,3	47 / 62 2,3 / 3,0
Chlorbenzole	Reingas	µg/m ³ mg/h	0,23 / 0,63 10 / 29	0,17 / 0,35 6,9 / 14	0,04 / 0,05 1,6 / 1,9
	Rohgas	µg/m ³ mg/h	1,4 / 2,3 68 / 115	1,2 / 1,2 53 / 54	0,29 / 0,32 14 / 15
Chlorphenole	Reingas	µg/m ³ mg/h	0,03 / 0,05 1,5 / 2,5	0,18 / 0,32 7,2 / 13,0	0,02 / 0,03 0,8 / 1,4
	Rohgas	µg/m ³ mg/h	0,12 / 0,15 6,0 / 7,6	1,9 / 2,1 82 / 93	0,07 / 0,07 3,2 / 3,6
Aldehyde	Reingas	mg/m ³ kg/h	0,6 / 1,4 0,03 / 0,065	1,1 / 2,3 0,04 / 0,093	1,7 / 2,6 0,07 / 0,11
	BTX (Summe)	mg/m ³ kg/h	< 1,3 / < 1,7 < 0,06 / < 0,08	< 0,6 / < 0,7 < 0,03 / < 0,03	< 0,8 / < 0,8 < 0,03 / < 0,03
N₂O	Reingas	mg/m ³ kg/h	< 1,2 / < 1,2 < 0,05 / < 0,05	< 1,7 / < 2,5 < 0,07 / < 0,10	< 1,3 / < 1,3 < 0,05 / < 0,05

* Aufgrund des teilweise hohen Kohlenstoffanteils (unverbrannte Holzpartikel) im rohgasseitig abgezogenen Staub waren bei den Rohgasmessungen einige Proben für die Schwermetallanalyse unbrauchbar. Bei den angegebenen Werten handelt es sich deshalb um Einzelwerte.

6.2.2. Rostaschen

Parameter		27.03.98 Resthölzer	30.03.98 Kat. B II	31.03.98 Kat. B I	Methode / DIN
Ges.-Stickstoff	mg / kg	1.100	220	320	19684 T.4
Ammonium-Stickstoff	mg / kg	100	< 50	< 50	analog 38406-E5
Phosphat (P ₂ O ₅)	mg / kg	1.600	4.400	320	38414-S12/38405-D11
Kalium (K ₂ O)	mg / kg	9.800	17.000	2.000	analog 38406-E13
Magnesium (MgO)	mg / kg	15.000	24.000	1.800	analog 38406-E3
Calcium (CaO)	mg / kg	120.000	180.000	7.600	analog 38406-E3
Chlor (Cl)	mg / kg	67	1.100	610	analog 38405-D1
As	mg / kg	0,75	0,5	0,75	38406-E10
Ba	mg / kg	1.300	1.200	900	38406-E22
Cd	mg / kg	0,57	1,6	< 0,1	38406-E19
Co	mg / kg	7,3	14	1,0	38406-E24
Cr	mg / kg	59	590	7,8	38406-E10
Cr(VI)	mg / kg	0,3	0,3	0,62	NIOSH 7600
Cu	mg / kg	1.000	1.400	6,5	38406-E7
Hg	mg / kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	38406-E12
Mn	mg / kg	66	180	69	38406-E2
Ni	mg / kg	96	100	< 5	38406-E11
Pb	mg / kg	4.200	3.600	2.100	38406-E6
Sb	mg / kg	0,25	0,05	< 0,05	38406-D32
Sn	mg / kg	0,50	0,50	0,15	38406-E22
Tl	mg / kg	< 0,05	< 0,05	< 0,13	38406-E22
V	mg / kg	6,5	1,7	3,2	38406-E22
Zn	mg / kg	12.000	19.000	14.000	38406-E8
PCDD/F	ng / kg TS	0,8	13,9	16,4	VDI 3499 Bl.1
Trockensubstanz	Gew.-%	99,9	99,9	100	38414-S2
Gesamtglühverlust	Gew.-%TS	5,2	4,0	< 0,1	38414-S3
Extrah. lipophile Stoffe	Gew.-%	< 0,1	< 0,1	< 0,1	38409-H17
Analysen im Eluat:					
pH-Wert		11,74	11,59	11,82	38404-C5
Leitfähigkeit	µS/cm	7.500	3.800	8.800	38404-C8
TOC	mg/l	99	7,3	6,9	38409-H3
Phenolindex	mg/l	4,8	0,079	0,050	38409-H16-3
Arsen	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	38405-D18
Blei	mg/l	0,42	0,77	4,1	38406-E6
Cadmium	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	38406-E19
Chrom-VI	mg/l	0,027	< 0,01	< 0,01	38405-D24
Kupfer	mg/l	0,088	0,053	1,1	38406-E7
Nickel	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	38406-E11
Quecksilber	mg/l	0,0038	0,0060	0,0074	38406-E12
Zink	mg/l	0,91	1,0	2,5	38406-E8
Fluorid	mg/l	< 1	< 1	< 1	38405-D4
Ammonium-N	mg/l	0,95	0,85	1,2	38406-E5-1
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	38405-D14-2
AOX	mg/l	0,071	0,083	0,075	38409-H14
Wasserlöslicher Anteil	Gew.-%	0,17	0,20	0,24	38409-H1

6.2. Feststoffuntersuchungen

6.2.1. Brennstoffproben

Parameter		27.03.1998 Resthölzer	30.03.1998 Kat. B,II	31.03.1998 Kat. B I	Methode / DIN
unterer Heizwert (Hu)	kJ / kg	16.000	17.000	18.000	51900
Feuchte	Gew.-%	21	13	14	51721
Aschegehalt	Gew.-%	1,8	13	0,67	51719
Chlor	mg / kg	230	500	420	analog 38405-D1
Fluor	mg / kg	< 5	6,8	< 5	analog 38405-D4
Stickstoff	mg / kg	11.000	14.000	1.000	19684 T.4
Schwefel	mg / kg	820	1000	710	51724
Bor	mg / kg	6,6	6,6	2,6	ICP-MS
As	mg / kg	0,53	< 0,5	0,97	38406-E10
Cd	mg / kg	0,12	0,33	0,067	38406-E19
Co	mg / kg	< 0,1	0,37	< 0,1	38406-E24
Cr	mg / kg	0,73	1,3	0,64	38406-E10
Cu	mg / kg	2,0	4,3	3,8	38406-E7
Hg	mg / kg	0,17	0,13	< 0,05	38406-E12
Mn	mg / kg	110	98	110	38406-E2
Ni	mg / kg	0,75	9,3	1,5	38406-E11
Pb	mg / kg	7,6	4,4	6,5	38406-E6
Sb	mg / kg	< 0,1	0,35	< 0,1	38406-D32
Sn	mg / kg	0,64	2,4	0,15	38406-E22
Tl	mg / kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	38406-E22
V	mg / kg	2,9	3,2	3,6	38406-E22
Zn	mg / kg	42	25	32	38406-E8
EOX	mg / kg	< 1	< 1	< 1	38414-S17
PCDD/F	ng / kg TS	3,5	15,3	43,6	AbfKlärV Anh. 1
PCP	mg / kg TS	4,5	4,11	3,35	38407 Teil 10
γ -HCH (Lindan)	mg / kg TS	1,39	0,5	0,59	38407 Teil 2
Benzo(a)pyren	mg / kg TS	0,03	0,19	0,07	38407 Teil 2

6.2.3. Gewebefilterstäube

Parameter		27.03.98 Resthölzer	30.03.98 Kat. B II	31.03.98 Kat. B I	Methode / DIN
Ges.-Stickstoff	mg / kg	2.500	1.900	980	19684 T.4
Ammonium-Stickstoff	mg / kg	< 50	510	< 50	analog 38406-E5
Phosphat (P ₂ O ₅)	mg / kg	< 50	1.300	820	38414-S12/38405-D11
Kalium (K ₂ O)	mg / kg	38.000	44.000	95.000	analog 38406-E13
Magnesium (MgO)	mg / kg	26.000	23.000	17.000	analog 38406-E3
Calcium (CaO)	mg / kg	180.000	180.000	140.000	analog 38406-E3
Chlor (Cl)	mg / kg	7.200	82.000	53.000	analog 38405-D1
As	mg / kg	4,1	2,4	2,4	38406-E10
Ba	mg / kg	100	120	88	38406-E22
Cd	mg / kg	22	90	62	38406-E19
Co	mg / kg	15	5,0	2,6	38406-E24
Cr	mg / kg	70	58	42	38406-E10
Cr(VI)	mg / kg	5,7	0,19	35	NIOSH 7600
Cu	mg / kg	190	1.600	100	38406-E7
Hg	mg / kg	0,84	5,2	3,0	38406-E12
Mn	mg / kg	< 0,05	360	190	38406-E2
Ni	mg / kg	44	24	16	38406-E11
Pb	mg / kg	2.200	1.600	1.000	38406-E6
Sb	mg / kg	28	2,0	0,29	38406-D32
Sn	mg / kg	90	0,25	0,1	38406-E22
Tl	mg / kg	0,1	1,5	1,9	38406-E22
V	mg / kg	24	1,5	0,4	38406-E22
Zn	mg / kg	24.000	31.000	18.000	38406-E8
PCDD/F	ng / kg TS	1766	7390	6618	VDI 3499 Bl.1
Trockensubstanz	Gew.-%	99,8	99,7	99,9	38414-S2
Gesamtglühverlust	Gew.-%TS	25	4,0	20	38414-S3
Extrah. lipophile Stoffe	Gew.-%	< 0,1	< 0,1	< 0,1	38409-H17
Analysen im Eluat:					
pH-Wert		11,88	10,75	11,64	38404-C5
Leitfähigkeit	µS/cm	21.800	37.000	46.000	38404-C8
TOC	mg/l	6,7	6,7	6,1	38409-H3
Phenolindex	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	38409-H16-3
Arsen	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	38405-D18
Blei	mg/l	8,0	6,2	58	38406-E6
Cadmium	mg/l	0,0059	0,0054	0,014	38406-E19
Chrom-VI	mg/l	0,039	< 0,01	3,1	38405-D24
Kupfer	mg/l	< 0,05	0,050	0,059	38406-E7
Nickel	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	38406-E11
Quecksilber	mg/l	0,013	0,022	0,022	38406-E12
Zink	mg/l	2,2	1,1	1,9	38406-E8
Fluorid	mg/l	< 1	3,3	3,7	38405-D4
Ammonium-N	mg/l	0,94	25	3,0	38406-E5-1
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	38405-D14-2
AOX	mg/l	0,053	0,029	0,011	38409-H14
Wasserlöslicher Anteil	Gew.-%	0,89	1,9	2,1	38409-H1

7. Anhang A: Meßergebnisse

- 7.1.1. Betriebs- und Abgasrandbedingungen, Reingas
- 7.1.2. Abgasrandbedingungen, Rohgas
- 7.2. kontinuierliche Emissionsmessungen (NO_x , CO, SO_2 , Ges.-C), Reingas
Abbildungen der Konzentrationsverläufe
- 7.3. Staubmessungen, Roh- und Reingas
- 7.4. HCl- / HF-Messungen, Roh- und Reingas
- 7.5. Schwermetallmessungen, Roh- und Reingas
- 7.6. Messungen der PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole und Chlorphenole,
Roh- und Reingas
- 7.7. Messungen der Aldehyde, BTX, N_2O , Reingas
- 7.9. Fließbilder des Betriebsrechners

7.1.1. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Betriebs- und Abgasrandbedingungen

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Betriebsbedingungen ¹⁾						
Meßzeit - Beginn	07:34	10:36	13:52		07:36	10:28
Meßzeit - Ende	09:54	12:56	16:28	13:14	09:56	12:48
Dampfmenge	6,3	6,5	6,3	6,15	6,4	6,4
Feuerraumtemp. manuell, M3	-	808	808	-	825	854
kontin., M3	870	890	880	834	865	880
Hauptvolumenstrom						
Barometerstand	985	985	985	986	990	990
CO ₂ -Gehalt	15,9	15,7	15,1	14,8	16,3	16,0
O ₂ -Gehalt	4,4	4,3	4,5	5,4	5,7	5,6
Temperatur im Kanal	133	134	131	132	128	131
statischer Druck	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8	-0,8
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 mbar)	0,151	0,151	0,151	0,127	0,131	0,131
Strömungsgeschwindigkeit	17,6	17,6	17,6	16,1	16,6	16,7
Kanaldurchmesser	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Meßquerschnitt	0,785	0,785	0,785	0,785	0,785	0,785
Dichte						
- im Betriebszustand	0,842	0,839	0,843	0,849	0,866	0,859
- feucht, 273 K, 1013 mbar	1,288	1,287	1,283	1,295	1,303	1,301
- trocken, 273 K, 1013 mbar	1,379	1,377	1,373	1,373	1,384	1,382
Volumenstrom						
- im Betriebszustand	49 700	49 800	49 600	45 500	47 000	47 100
- feucht, 273 K, 1013 mbar	32 500	32 500	32 600	29 800	31 200	31 200
- trocken, 273 K, 1013 mbar	27 400	27 400	27 500	25 700	26 800	26 800

¹⁾ mittlere Betriebsbedingungen im PCDD/F-Probenahmezeitraum

²⁾ Unterbrechung während des Stillstandes/Anfahrens der Anlage (ca. 14:15-15:30 Uhr)

7.1.2. Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
Abgasrandbedingungen

Datum	naturbel. Holzbefälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Hauptvolumenstrom						
Barometerstand	985	985	986	986	990	990
CO ₂ -Gehalt	15,7	15,4	14,9	15,1	16,3	16,3
O ₂ -Gehalt	4,4	4,3	5,2	4,9	5,3	5,2
Temperatur im Kanal	134	132	133	134	131	132
statischer Druck	-12	-12	-12	-12	-9	-9
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 mbar)	0,129	0,129	0,142	0,142	0,099	0,099
Strömungsgeschwindigkeit	13,3	13,3	12,4	12,4	12,9	12,9
Kanaldurchmesser	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Meßquerschnitt	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Dichte						
- im Betriebszustand	0,836	0,840	0,833	0,832	0,865	0,859
- feucht, 273 K, 1013 mbar	1,298	1,296	1,288	1,288	1,320	1,320
- trocken, 273 K, 1013 mbar	1,378	1,375	1,374	1,374	1,384	1,384
Volumenstrom						
- im Betriebszustand	<54200	<54100	<50500	<50500	<52500	<52700
- feucht, 273 K, 1013 mbar	<34900	<35100	<32600	<32600	<34400	<34300
- trocken, 273 K, 1013 mbar	<30100	<30200	<27700	<27700	<30600	<30500

Tabelle 7.2.1 Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen im Reingas
 NO_x, CO, SO₂, SO₂, Gesamt-C

Brennstoff:		naturbelassene Holzabfälle vermischt mit Resthölzern bekannter Herkunft														Tages-	Maximal-	
Datum		27.03.1998														mittel	wert	
Uhrzeit	von	08:40	09:10	09:40	10:10	10:40	11:10	11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	4,4	4,8
	bis	09:10	09:40	10:10	10:40	11:10	11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10		
O ₂	Vol.-%	4,5	4,3	4,5	4,7	4,3	4,2	4,3	4,4	4,4	3,9	4,4	4,8	4,7	4,7	4,6		
mittlere Konzentrationen (tr., NB, bez. auf 11 Vol.-% O ₂)																		
NO _x (als NO ₂)	mg/m ³	363	365	379	366	376	360	372	357	378	348	360	389	384	375	383	370	389
CO	mg/m ³	135	122	122	128	87	112	132	112	86	88	114	91	81	107	114	109	135
SO ₂	mg/m ³	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Ges.-C	mg/m ³	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
mittlere Massenströme																		
NO _x (als NO ₂)	kg/h	17	17	17	16	17	16	17	16	17	16	16	17	17	16	17	17	17
CO	kg/h	5,6	5,6	5,5	5,7	4,0	5,2	6,0	5,0	3,9	4,1	5,1	4,0	3,6	4,7	5,1	4,9	6,0
SO ₂	kg/h	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ges.-C	kg/h	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08

**Verlauf der Emissionskonzentrationen
Resthölzer (27.03.1998)**
Werte bezogen auf 11 Vol.-% O₂

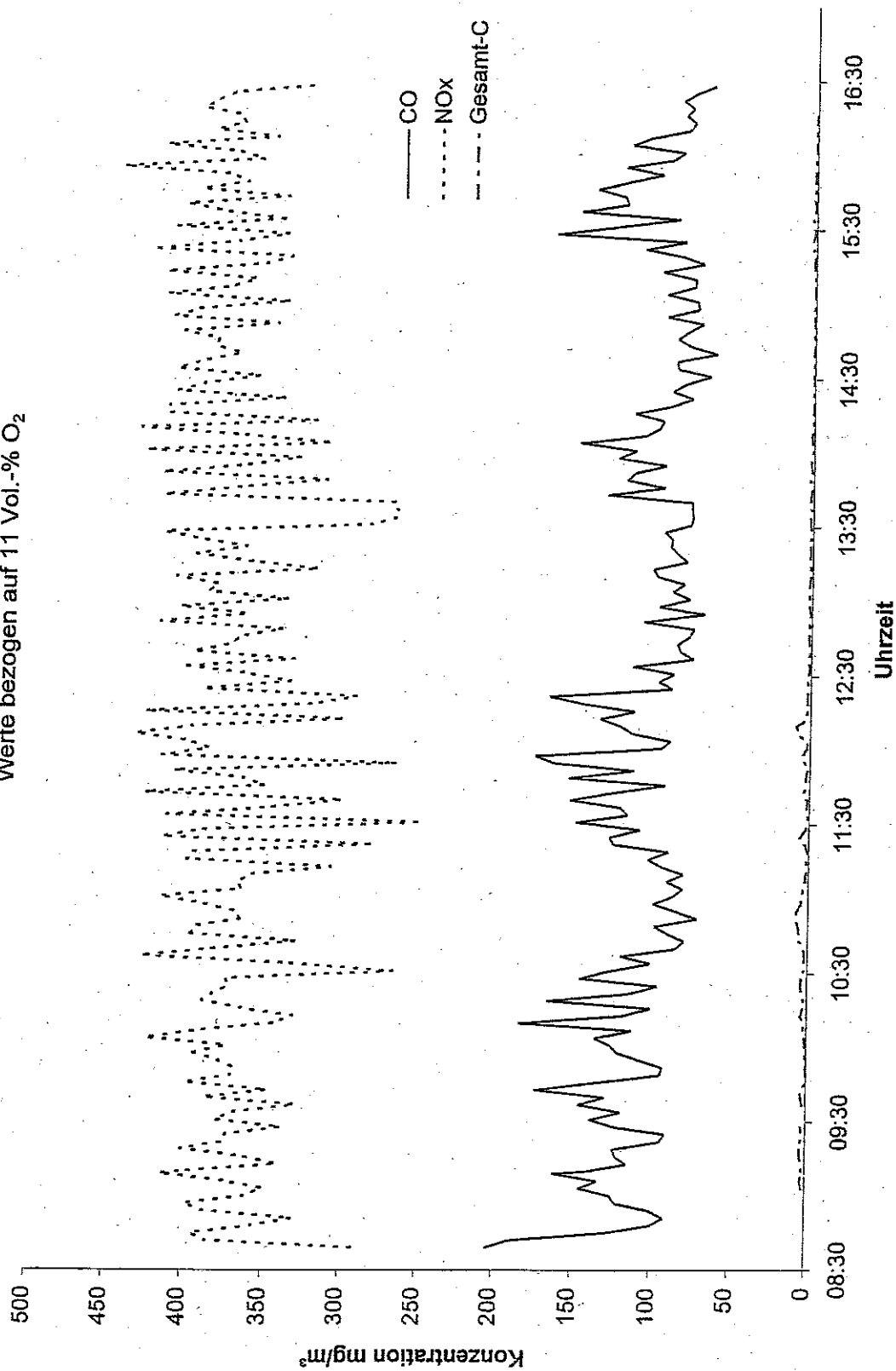


Tabelle 7.2.2
Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen im Reingas
NO_x, CO, SO₂, Gesamt-C

Brennstoff:		Altholz der Kategorie B II																Tages-	Maximal-			
Datum		30.03.1998																mittel	wert			
Uhrzeit		von	07:10	07:40	08:10	08:40	09:10	09:40	10:10	10:40	11:10	11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:05	16:12	17:12	18:09	5,4	8,9
O ₂		Vol.-%	8,9	6,0	4,9	4,9	5,1	4,8	5,3	5,4	5,0	4,9	4,8	4,8	4,6	5,2	6,5	5,4	5,7	5,4	8,9	
mittlere Konzentrationen (tr., NB, bez. auf 11 Vol.-% O₂)																						
NO _x (als NO ₂)	mg/m ³		309	264	286	284	292	273	312	311	311	269	299	276	280	291	324	298	300	293	324	
CO	mg/m ³		94	86	88	68	99	96	78	66	63	94	75	91	89	104	89	78	99	86	104	
SO ₂	mg/m ³		<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	
Ges.-C	mg/m ³		<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	5	11	-*)	-*)	-*)	<4	11	
mittlere Massenströme																						
NO _x (als NO ₂)	kg/h		9	10	11	12	12	11	13	13	13	11	12	10	12	12	12	12	12	12	13	
CO	kg/h		2,8	3,4	3,6	2,8	4,1	4,1	3,1	2,6	2,5	4,0	3,2	3,5	3,7	4,3	3,3	3,2	3,9	3,4	4	
SO ₂	kg/h		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ges.-C	kg/h		<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,14	0,4	1,0	0,3	0,8	<0,2	1,0	

-*) Die Gesamt-C-Messungen nach dem Anlagensstillstand waren stark von diesem beeinflusst und wurden daher nicht berücksichtigt.

**Verlauf der Emissionskonzentrationen
Altholz der Kategorie B II (30.03.1998)**
Werte bezogen auf 11 Vol.-% O₂

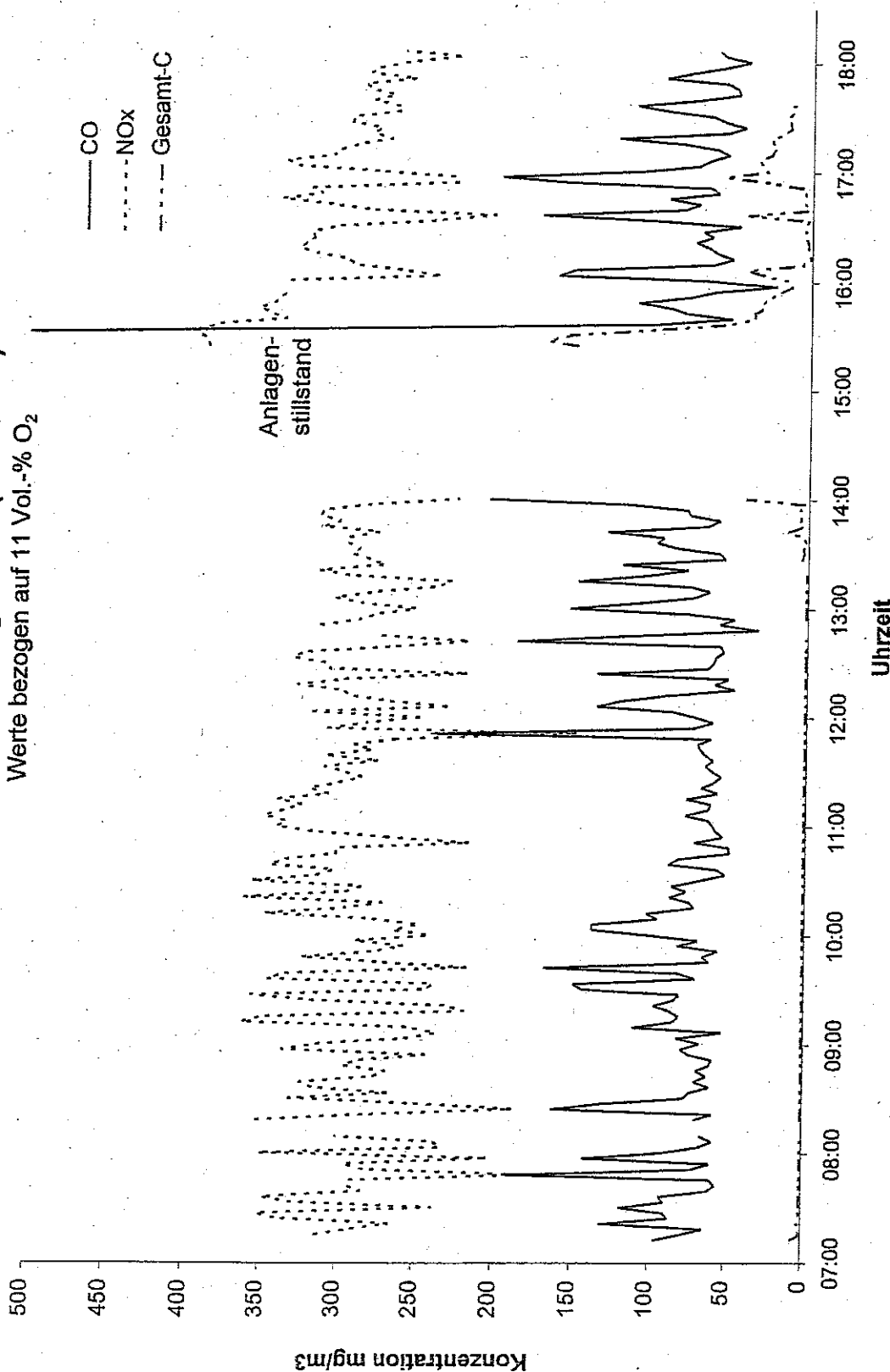
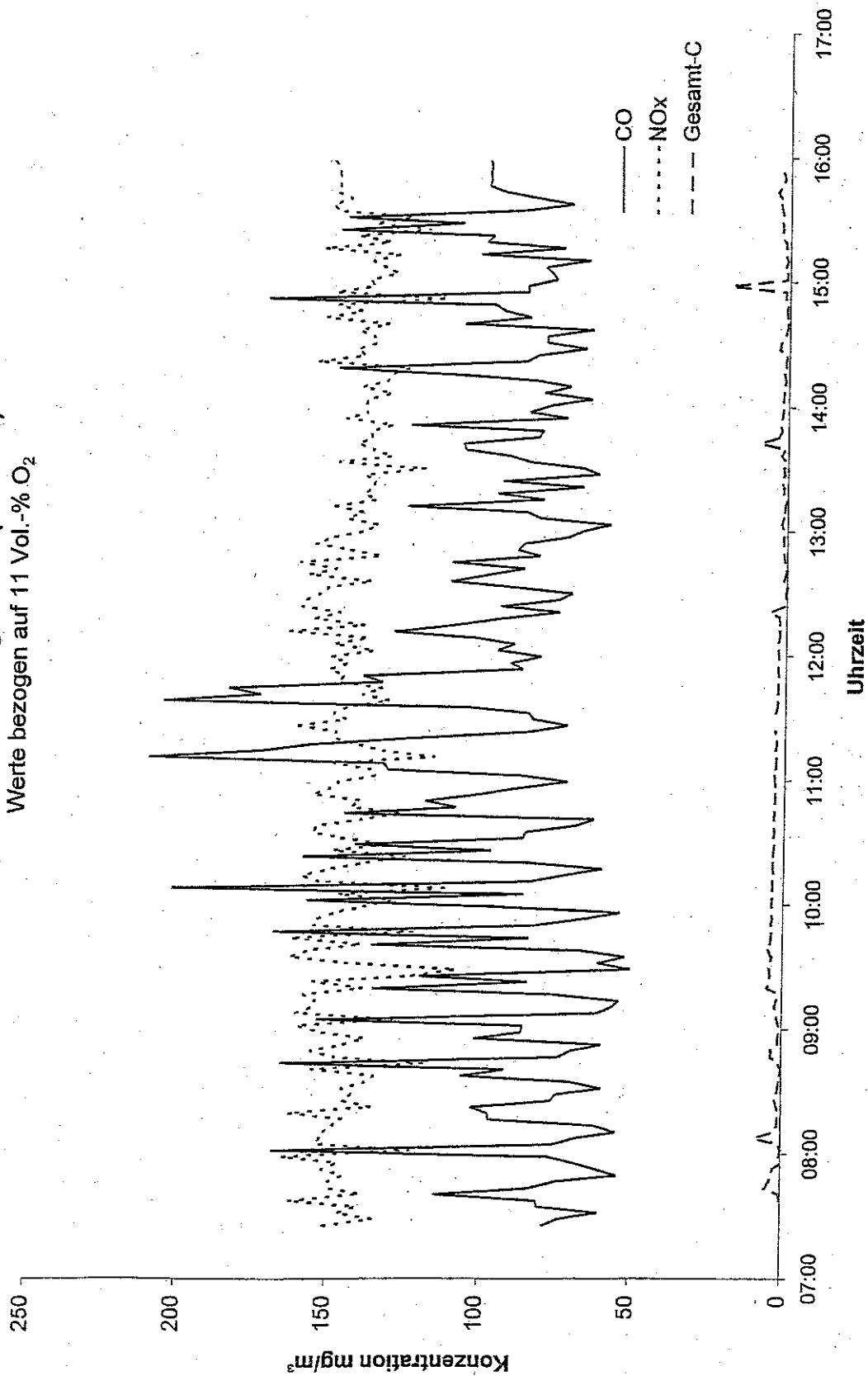


Tabelle 7.2.3 Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen im Reingas
NO_x, CO, SO₂, Gesamt-C

Brennstoff:		naturbelassenes Altholz der Kategorie B I															Tages-	Maximal-			
Datum		31.03.1998															mittel	wert			
Uhrzeit	von	07:25	07:55	08:25	08:55	09:25	09:55	10:25	10:55	11:25	11:55	12:25	12:55	13:25	13:55	14:25	14:55	15:25	15:55		
O ₂	Vol.-%	5,9	5,8	5,8	5,5	5,6	5,3	5,3	6,8	5,8	5,2	5,1	5,2	6,3	5,3	5,1	5,7	5,9	5,6	6,8	
mittlere Konzentrationen (tr., NB, bez. auf 11 Vol.-% O₂)																					
NO _x (als NO ₂)	mg/m ³	146	149	141	149	143	143	141	141	144	147	151	143	136	138	139	138	142	143	151	
CO	mg/m ³	78	83	89	87	90	96	107	128	127	96	91	82	90	89	93	85	104	95	128	
SO ₂	mg/m ³	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	
Ges.-C	mg/m ³	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3,0	<3	<3	<3	<3	
mittlere Massenströme																					
NO _x (als NO ₂)	kg/h	6,1	6,1	5,9	6,2	5,9	6,0	5,9	5,9	6,1	6,3	6,4	6,1	5,8	5,8	5,9	5,8	5,8	6,0	6,4	
CO	kg/h	3,3	3,5	3,8	3,7	4,0	4,1	4,6	5,6	6,0	4,2	3,9	3,5	4,0	3,8	4,0	3,6	4,4	4,1	6,0	
SO ₂	kg/h	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ges.-C	kg/h	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,08	

**Verlauf der Emissionskonzentrationen
Altholz der Kategorie B I (31.03.98)**
Werte bezogen auf 11 Vol.-% O₂



7.3.1. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Staub

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz			Altholz Kat. B II			naturbel. Altholz Kat. B I			
	27.03.1998	Mittel		30.03.1998	Mittel		31.03.1998	Mittel		
Meßzeit - Beginn	08:19	11:01	13:50	07:55	09:48	13:21	07:38	10:26	13:25	
Meßzeit - Ende	10:04	12:21	15:02	08:55	10:54	14:10	08:38	11:26	14:25	
Teilvolumenstrom										
Dauer der Absaugung	105	80	72	60	66	49	60	60	60	
Sondendurchmesser	8	8	10	8	8	8	8	8	8	
Geschwindigkeit in der Sonde	17,0	21,8	18,1	20,4	19,7	20,1	18,1	19,2	18,0	
Teilvolumenstrom gesamt										
- im Betriebszustand	5,384	5,260	6,144	3,687	3,920	2,964	3,279	3,479	3,253	
- feucht, 273 K, 1013 mbar	4,181	4,076	4,795	2,811	2,989	2,248	2,532	2,681	2,502	
- trocken, 273 K, 1013 mbar	3,521	3,433	4,038	2,428	2,582	1,942	2,177	2,305	2,151	
Partikelförmige Emissionen (Staub)										
Planfilter	Nr.	A	C	D	F	G	H	L	M	O
Staubmasse	mg	1,14	1,26	1,20	4,05	3,68	3,16	1,16	0,71	0,52
Staub-Konzentration										
- im Betriebszustand	mg/m³	0,21	0,24	0,20	1,1	0,9	1,1	0,35	0,20	0,16
- feucht, 273 K, 1013 mbar	mg/m³	0,27	0,31	0,25	1,4	1,2	1,4	0,46	0,26	0,21
- trocken, 273 K, 1013 mbar	mg/m³	0,32	0,37	0,30	1,7	1,4	1,6	0,53	0,31	0,24
Staub-Massenstrom	kg/h	0,009	0,010	0,008	0,043	0,037	0,042	0,014	0,008	0,006
										0,009

7.3.2. Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
Staub

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz			Altholz Kat. B II			naturbel. Altholz Kat. B I			
	27.03.1998			30.03.1998			31.03.1998			
Meßzeit - Beginn	09:51	11:47	14:30	07:53	10:50	13:35	08:05	10:33	13:30	Mittel
Meßzeit - Ende	11:06	13:25	15:30	09:05	11:20	14:00	08:40	11:18	14:12	
Teilvolumenstrom										
Dauer der Absaugung	75	98	60	72	30	25	35	45	42	
Sondendurchmesser	8	8	10	10	12	12	12	12	12	
Geschwindigkeit in der Sonde	20,5	10,6	23,0	8,2	5,4	7,1	7,5	9,8	11,7	
Teilvolumenstrom gesamt										
- im Betriebszustand	4,64	3,14	6,50	2,78	1,10	1,20	1,78	2,99	3,32	
- feucht, 273 K, 1013 mbar	2,990	2,036	4,214	1,793	0,707	0,775	1,166	1,944	2,161	
- trocken, 273 K, 1013 mbar	2,575	1,754	3,630	1,524	0,601	0,659	1,038	1,731	1,924	
Partikelförmige Emissionen (Staub)										
Hülse	Nr.	101	102	103	104	105	106	107	108	109
Staubmasse	g	0,366	0,343	0,183	1,332	1,455	1,208	1,151	0,747	0,332
Staub-Konzentration										
- im Betriebszustand	g/m ³	0,08	0,11	0,03	0,48	1,33	1,01	0,65	0,25	0,10
- trocken, 273 K, 1013 mbar	g/m ³	0,14	0,20	0,05	0,87	2,42	1,83	1,11	0,43	0,17
Staub-Massenstrom	kg/h	4,2	6,0	1,5	24	67	51	34	13	5,2
										17

¹⁾ Die Mittelwertbildung erfolgte aus den Ergebnissen der 1. und 2. Messung

7.4.1. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Fluorwasserstoff (HF) und Chlorwasserstoff (HCl)

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Fluorwasserstoff-Konzentration						
Meßzeit - Beginn	08:40 11:00 13:55		08:10 10:55 14:00		08:10 11:00 14:10	
Meßzeit - Ende	09:10 11:30 14:15		08:40 11:25 14:20		08:44 11:30 14:40	
- im Betriebszustand	<0,1 <0,3 <0,4 <0,3		<0,1 <0,1 2,5 <0,9		<0,2 <0,1 <0,1 <0,1	
- trocken, 273 K, 1013 mbar	<0,2 <0,6 <0,7 <0,5		<0,2 <0,1 4,1 <1,5		<0,3 <0,2 <0,2 <0,2	
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	<0,1 <0,3 <0,4 <0,3		<0,1 <0,1 2,6 <0,9		<0,2 <0,1 <0,1 <0,1	
Fluorwasserstoff-Massenstrom	<0,007 <0,02 <0,02 <0,01		<0,005 <0,003 0,11 <0,04		<0,007 <0,005 <0,006 <0,006	
Chlorwasserstoff-Konzentration						
Meßzeit - Beginn	08:40 11:00 13:55		08:10 10:55 14:00		08:10 11:00 14:10	
Meßzeit - Ende	09:10 11:30 14:15		08:40 11:25 14:20		08:44 11:30 14:40	
- im Betriebszustand	0,08 0,12 0,18 0,13		2,80 0,63 4,72 2,7		0,39 0,36 0,26 0,3	
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,13 0,20 0,30 0,21		4,5 1,0 7,6 4,4		0,63 0,57 0,42 0,5	
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,08 0,12 0,18 0,13		2,87 0,64 4,89 2,8		0,41 0,37 0,27 0,4	
Chlorwasserstoff-Massenstrom	0,004 0,005 0,008 0,01		0,116 0,026 0,196 0,11		0,017 0,015 0,011 0,01	

7.4.2
Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
Fluorwasserstoff (HF) und Chlorwasserstoff (HCl)

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Fluorwasserstoff-Konzentration						
Meßzeit - Beginn	09:45	13:00	12:05	16:25	09:19	12:14
Meßzeit - Ende	10:15	13:30	12:35	16:55	09:50	12:44
- im Betriebszustand	0,6	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
- trocken, 273 K, 1013 mbar	1,0	0,9	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2
- trocken, 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,6	0,5	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Fluorwasserstoff-Massenstrom	30	26	7	<5	<5	<5
Chlorwasserstoff-Konzentration						
Meßzeit - Beginn	09:45	13:00	12:05	16:25	09:19	12:14
Meßzeit - Ende	10:15	13:30	12:35	16:55	09:50	12:44
- im Betriebszustand	1,3	2,2	16	23	2,8	0,3
- trocken, 273 K, 1013 mbar	2,3	4,0	29	42	4,8	0,5
- trocken, 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	1,4	2,4	18	26	3,08	0,33
Chlorwasserstoff-Massenstrom	0,07	0,12	0,80	1,2	0,15	0,02
						0,02
						0,06

7.5.1. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Schwermetalle

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Schwermetall-Konzentrationen (trocken, 273 K, 1013 mbar)						
Cadmium und seine Verb. als	3,6	1,9	0,6	0,5	4,0	1,1
Thallium und seine Verb. als	<0,2	<0,2	<0,3	<0,4	<0,3	<0,3
Quecksilber und seine Verb. als	1,8	<0,05	<0,1	<0,2	<0,1	<0,06
Antimon und seine Verb. als	<0,2	<0,1	0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Arsen und seine Verb. als	0,44	0,58	0,61	0,67	0,56	0,50
Blei und seine Verb. als	18	20	200	23	33	12
Chrom und seine Verb. als	<0,2	<0,1	<0,2	<0,3	<0,3	<0,3
Cobalt und seine Verb. als	<0,2	<0,1	<0,2	<0,3	<0,3	<0,3
Kupfer und seine Verb. als	0,3	<0,1	1,8	1,6	<0,7	<0,3
Mangan und seine Verb. als	1,0	0,9	5,5	5,2	1,6	1,1
Nickel und seine Verb. als	0,1	<0,1	2,1	3,6	5,2	1,9
Vanadium und seine Verb. als	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2
Zinn und seine Verb. als	<0,2	<0,1	0,48	0,36	0,55	<0,3
Zink und seine Verb. als	5,6	2,9	128	114	10,5	6,4
Summen-Konz. (17. BImSchV, §5 Abs.1)						
Nr. 3 a) (Cd, Tl)	0,004	0,002	0,021	0,001	0,004	0,001
Nr. 3 b) (Hg)	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Nr. 3 c) (Sb bis Sn)	0,020	0,032	0,211	0,035	0,042	0,017
		0,025		0,094		0,023

7.5.1. Fortsetzung
Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Schwermetalle

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Schwermetall-Massenströme						
Cadmium und seine Verb. als	g/h					
Thallium und seine Verb. als	g/h					
Quecksilber und seine Verb. als	g/h					
Antimon und seine Verb. als	g/h					
Arsen und seine Verb. als	g/h					
Blei und seine Verb. als	g/h					
Chrom und seine Verb. als	g/h					
Cobalt und seine Verb. als	g/h					
Kupfer und seine Verb. als	g/h					
Mangan und seine Verb. als	g/h					
Nickel und seine Verb. als	g/h					
Vanadium und seine Verb. als	g/h					
Zinn und seine Verb. als	g/h					
Zink und seine Verb. als	g/h					
Summen-Massenstr. (17. BImSchV, §5 Abs.1)						
Nr. 3 a) (Cd, Tl)	g/h					
Nr. 3 b) (Hg)	g/h					
Nr. 3 c) (Sb bis Sn)	g/h					
		0,10	0,09	0,05	0,08	0,08
		<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
		0,05	<0,001	<0,001	<0,017	<0,003
		<0,004	<0,005	<0,004	<0,004	<0,007
		0,012	0,015	0,016	0,014	0,014
		0,48	0,73	0,55	0,59	0,44
		<0,004	<0,005	<0,004	<0,004	<0,007
		<0,004	<0,005	<0,004	<0,004	<0,007
		0,007	0,005	<0,004	<0,005	<0,007
		0,028	0,052	0,025	0,035	<0,011
		0,002	0,067	<0,004	<0,024	0,041
		<0,003	<0,003	<0,002	<0,003	0,080
		<0,004	<0,005	<0,004	<0,004	<0,004
		0,15	0,14	0,08	0,12	<0,009
		0,10	0,10	0,06	0,09	0,22
		0,05	<0,001	<0,001	<0,017	0,06
		0,55	0,89	0,61	0,68	<0,003
		0,53	0,01	0,01	0,19	0,03
		<0,007	<0,007	<0,009	<0,008	<0,009
		<0,003	<0,003	<0,004	<0,003	<0,003
		0,009	0,007	<0,008	<0,008	<0,007
		0,016	0,015	0,017	0,016	<0,007
		5,16	0,65	0,59	2,13	0,013
		<0,006	<0,006	<0,008	<0,006	0,32
		<0,006	<0,006	<0,008	<0,006	<0,007
		0,045	0,041	0,042	0,043	<0,007
		0,14	0,16	0,13	0,15	<0,007
		0,054	0,004	0,093	0,050	0,029
		<0,004	<0,004	<0,005	<0,004	0,050
		0,012	0,010	0,009	0,010	<0,004
		3,31	3,51	2,93	3,25	<0,007
		0,54	0,02	0,02	0,20	0,17
		<0,003	<0,003	<0,004	<0,003	0,04
		5,5	0,90	0,91	2,4	<0,002
		1,1	0,29	0,45	0,6	0,06

7.5.2
Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
Schwermetalle

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz Mittel ¹⁾	Altholz Kat. B II 30.03.1998 Mittel ²⁾	naturbel. Altholz Kat. B I 31.03.1998 Mittel ²⁾
Schwermetall-Konzentrationen (trocken, 273 K, 1013 mbar)			
Cadmium und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,7	369	369
Thallium und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4	15,1	15,1
Quecksilber und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,010	0,032	0,018
Antimon und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,6	272	272
Arsen und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,9	148	148
Blei und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	303	14619	14619
Chrom und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	183	2650	2650
Cobalt und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,9	147	147
Kupfer und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	432	2150	2150
Mangan und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3010	9300	9300
Nickel und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	334	949	949
Vanadium und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<0,2	26	26
Zinn und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1	544	544
Zink und seine Verb. als $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1100	101000	101000
Summen-Konz. (17. BImSchV, §5 Abs.1)			
Nr. 3 a) (Cd, Tl) mg/m^3	0,008	0,38	0,38
Nr. 3 b) (Hg) mg/m^3	<0,001	<0,001	<0,001
Nr. 3 c) (Sb bis Sn) mg/m^3	4,3	30,8	30,8

¹⁾ Die Mittelwertbildung erfolgte aus den Ergebnissen der 1. und 2. Messung

²⁾ Aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils (unverbrannte Holzpartikel) im rohgasseitig abgezogenen Staub waren bei den Rohgasmessungen die Proben der ersten und zweiten Messung für die Schwermetallanalyse unbrauchbar.

7.5.2 Fortsetzung
Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
Schwermetalle

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel ¹⁾	30.03.1998	Mittel ²⁾	31.03.1998	Mittel ²⁾
Schwermetall-Massenströme						
Cadmium und seine Verb. als	g/h	0,23	0,09	0,05	0,16	0,60
Thallium und seine Verb. als	g/h	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01
Quecksilber und seine Verb. als	mg/h	0,31	<0,30	<0,30	<0,31	<0,31
Antimon und seine Verb. als	g/h	0,05	<0,046	<0,014	<0,047	<0,564
Arsen und seine Verb. als	g/h	0,026	0,024	0,012	0,025	2,5
Blei und seine Verb. als	g/h	9,1	7,1	4,3	8,1	42
Chrom und seine Verb. als	g/h	5,5	4,6	1,3	5,0	14,6
Cobalt und seine Verb. als	g/h	0,21	0,32	0,09	0,26	0,2
Kupfer und seine Verb. als	g/h	13,0	4,5	1,1	8,7	5,8
Mangan und seine Verb. als	g/h	91	153	44	122	85
Nickel und seine Verb. als	g/h	10,0	17,1	4,8	13,6	2,5
Vanadium und seine Verb. als	g/h	<0,005	<0,009	<0,003	<0,007	<0,006
Zinn und seine Verb. als	g/h	0,03	0,05	0,02	0,04	1,03
Zink und seine Verb. als	g/h	33	27	8	30	488
Summen-Massenstr. (17. BImSchV, §5 Abs.1)						
Nr. 3 a) (Cd, Tl)	g/h	0,24	0,11	0,06	0,18	0,61
Nr. 3 b) (Hg)	mg/h	0,31	<0,30	<0,30	<0,31	<0,31
Nr. 3 c) (Sb bis Sn)	g/h	129	187	56	158	155

¹⁾ Die Mittelwertbildung erfolgte aus den Ergebnissen der 1. und 2. Messung

²⁾ Aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils (unverbrannte Holzpartikel) im rohgassseitig abgezogenen Staub waren bei den Rohgasmessungen die Proben der ersten und zweiten Messung für die Schwermetallanalyse unbrauchbar.

7.6.1. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

Datum Meßzeit - Beginn Meßzeit - Ende Teilvolumenstrom	naturbel. Holzabfälle / Restholz Mittel		Altholz Kat. B II Mittel		naturbel. Altholz Kat. B I Mittel	
	27.03.1998 07:34 10:36 13:52 09:54 12:56 16:28	140 140 156 4,568 4,613 5,264 19,7 19,9 20,2	30.03.1998 07:09 10:11 13:14 09:29 12:33 17:59	140 142 150 4,288 4,622 4,412 17,8 19,0 17,2	31.03.1998 07:36 10:28 13:20 09:56 12:48 15:42	140 140 142 4,516 4,283 4,778 18,7 17,8 19,7
Dauer der Absaugung	min	140	140	142	140	140
Volumen, trocken, 273 K, 1013 mbar	m³	4,568	4,613	4,288	4,622	4,516
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	19,7	19,9	17,8	19,0	18,7
PCDD - / PCDF - Konzentrationen (trocken, 273 K, 1013 mbar)						
2,3,7,8 Tetrachlordibenzodioxin	ng/m³	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002
1,2,3,7,8 Pentachlordibenzodioxin	ng/m³	0,003	0,002	0,002	0,010	0,003
1,2,3,4,7,8 Hexachlordibenzodioxin	ng/m³	0,005	0,003	0,003	0,012	0,004
1,2,3,6,7,8 Hexachlordibenzodioxin	ng/m³	0,023	0,011	0,006	0,032	0,009
1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzodioxin	ng/m³	0,009	0,005	0,002	0,018	0,005
1,2,3,4,6,7,8 Heptachlordibenzodioxin	ng/m³	0,173	0,078	0,042	0,158	0,050
Oktachlordibenzodioxin	ng/m³	0,278	0,183	0,099	0,182	0,133
2,3,7,8 Tetrachlordibenzofuran	ng/m³	0,007	0,006	0,004	0,032	0,008
1,2,3,7,8 Pentachlordibenzofuran	ng/m³	0,014	0,008	0,004	0,041	0,009
2,3,4,7,8 Pentachlordibenzofuran	ng/m³	0,017	0,010	0,006	0,040	0,010
1,2,3,4,7,8 Hexachlordibenzofuran	ng/m³	0,018	0,010	0,005	0,027	0,008
1,2,3,6,7,8 Hexachlordibenzofuran	ng/m³	0,023	0,013	0,006	0,039	0,010
1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzofuran	ng/m³	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001
2,3,4,6,7,8 Hexachlordibenzofuran	ng/m³	0,022	0,012	0,006	0,034	0,008
1,2,3,4,6,7,8 Heptachlordibenzofuran	ng/m³	0,067	0,033	0,014	0,060	0,018
1,2,3,4,7,8,9 Heptachlordibenzofuran	ng/m³	0,013	0,005	0,002	0,008	0,002
Oktachlordibenzofuran	ng/m³	0,055	0,030	0,016	0,038	0,021
PCDD - / PCDF - Konzentrationen I-TEQ						
Summenkonzentration I-TEQ nach 17. BImSchV	I-TEQ	0,025	0,015	0,008	0,048	0,015
- trocken, 273 K, 1013 mbar	ng/m³	0,015	0,009	0,005	0,031	0,010
- fr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O₂	ng/m³	0,015	0,009	0,005	0,031	0,010
PCDD - / PCDF - Massenstrom						
Mittelwert im Meßzeitraum	µg/h	0,69	0,40	0,22	1,2	0,39
		7,9	1,5	1,2	0,48	0,27
		3,5	0,14	0,09	0,018	0,014
		0,09	0,031	0,006	0,012	0,009

7.6.1. Fortsetzung
Ergebnisse der Reingas-Messungen;
PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
PAH-Konzentrationen						
Naphthalin	67,0	156,3	149,5	124,3	136,6	169,1
Acenaphthylen	0,42	2,32	2,13	1,62	2,06	2,25
Acenaphthen	0,63	0,39	0,36	0,46	0,38	0,36
Fluoren	0,13	2,54	2,32	1,66	2,41	2,54
Phenanthren	0,61	5,72	5,85	4,06	4,45	4,59
Anthracen	0,04	1,45	1,42	0,97	1,22	1,17
Fluoranthren	0,09	0,41	0,40	0,30	0,27	0,26
Pyren	0,13	0,59	0,59	0,44	0,49	0,49
Benz (a) anthracen	0,04	0,09	0,04	0,06	0,04	0,06
Crysen/Triphenylen	0,07	0,13	0,08	0,09	0,09	0,11
Benzo (b+j+k) fluoranthren	0,04	0,11	0,09	0,08	0,04	0,05
Benzo (a) pyren	0,02	0,07	0,06	0,05	0,02	0,03
Indeno (1,2,3-cd) pyren	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05
Benzo (ghi) perylen	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05
Dibenz (a,c + a,h) anthracen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PAH-Konzentration (in Summe ohne NWG)						
- im Betriebszustand	0,04	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,07	0,17	0,16	0,13	0,15	0,18
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,042	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12
PAH - Massenstrom	g/h					
	1,9	4,7	4,5	3,7	4,0	4,9
					5,0	5,0
					5,3	5,0
					4,6	4,9
					5,6	5,0
					5,0	4,9

7.6.1. Fortsetzung
Ergebnisse der Reingas-Messungen;
PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I					
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel				
PCB-Konzentrationen										
PCB 28	3,3	2,2	3,2	2,9	3,0	3,7	2,7	3,7	2,7	3,0
PCB 52	2,0	2,0	1,9	1,9	3,0	3,0	2,9	3,0	2,4	2,5
PCB 101	2,4	2,8	2,7	2,6	3,3	2,8	3,2	3,1	2,4	3,0
PCB 138	1,8	2,0	1,7	1,8	2,3	2,2	2,0	2,2	1,5	2,1
PCB 153	1,8	2,0	1,7	1,8	2,3	2,2	2,0	2,2	1,5	2,1
PCB 180	0,7	0,9	0,6	0,7	1,4	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
Summe PCB (nach DIN / LAGA)										
- im Betriebszustand	33	32	33	32	44	42	42	43	33	47
- trocken, 273 K, 1013 mbar	59	59	59	59	77	74	75	75	59	83
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	36	35	36	35	49	46	48	48	38	54
PCB-Massenstrom										
Summe PCB (nach DIN / LAGA)	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	1,9	1,9	1,9	1,6	2,2
Chlorbenzol-Konzentrationen										
Trichlorbenzole (Summe)	999	34	33	355	59	64	188	104	31	48
Tetrachlorbenzole (Summe)	35	10	10	18	56	33	270	120	11	14
Pentachlorbenzol	9	3	4	5	21	8	73	34	4	5
Hexachlorbenzol	6	4	3	4	10	5	14	10	3	4
Summe Chlorbenzole										
- im Betriebszustand	0,58	0,03	0,03	0,2	0,08	0,06	0,31	0,2	0,03	0,04
- trocken, 273 K, 1013 mbar	1,05	0,05	0,05	0,4	0,15	0,11	0,55	0,3	0,05	0,07
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,63	0,03	0,03	0,2	0,09	0,07	0,35	0,2	0,03	0,05
Chlorbenzol-Massenstrom										
Chlorbenzol-Konzentrationen	28,7	1,4	1,4	10,5	3,8	2,8	14,0	6,9	1,3	1,9
Chlorphenol-Konzentrationen										
Trichlorphenole (Summe)	67	34	22	41	133	103	446	228	44	15
Tetrachlorphenole (Summe)	11	3,5	3,8	6,0	35	18	38	30	3,3	2,3
Pentachlorphenol	12	6,3	8,7	8,9	37	10	20	22	6,4	6,5
Summe Chlorphenole										
- im Betriebszustand	0,05	0,02	0,02	0,03	0,12	0,07	0,28	0,16	0,03	0,01
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,09	0,04	0,03	0,06	0,20	0,13	0,50	0,28	0,05	0,02
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,05	0,03	0,02	0,03	0,13	0,08	0,32	0,18	0,03	0,02
Chlorphenol-Massenstrom										
Chlorphenol-Konzentrationen	2,5	1,2	0,9	1,5	5,3	3,4	13	7,2	1,4	0,6
Chlorphenol-Massenstrom										

7.6.2. Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Meßzeit - Beginn	08:22	12:33	07:11	11:02	07:41	11:32
Meßzeit - Ende	11:25	15:53	10:24	14:13	11:04	15:02
Teilvolumenstrom						
Dauer der Absaugung	183	181	183	191	202	210
Volumen, trocken, 273 K, 1013 mbar	2,322	3,021	4,139	3,376	5,359	8,610
Geschwindigkeit in der Sonde	7,6	9,9	13,6	10,7	15,1	23,5
PCDD - / PCDF - Konzentrationen						
2,3,7,8 Tetrachlordibenzodioxin	0,028	0,017	0,406	0,314	0,032	0,039
1,2,3,7,8 Pentachlordibenzodioxin	0,033	0,026	0,437	0,364	0,045	0,053
1,2,3,4,7,8 Hexachlordibenzodioxin	0,034	0,027	0,377	0,302	0,045	0,052
1,2,3,6,7,8 Hexachlordibenzodioxin	0,113	0,088	0,790	0,607	0,078	0,088
1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzodioxin	0,039	0,025	0,447	0,332	0,045	0,050
1,2,3,4,6,7,8 Heptachlordibenzodioxin	0,655	0,607	2,657	2,112	0,328	0,375
Oktaachlordibenzodioxin	1,145	1,036	1,945	1,721	0,422	0,552
2,3,7,8 Tetrachlordibenzofuran	0,229	0,193	3,382	2,239	0,256	0,259
1,2,3,7,8 Pentachlordibenzofuran	0,125	0,094	2,085	1,629	0,143	0,151
2,3,4,7,8 Pentachlordibenzofuran	0,109	0,086	1,193	1,037	0,103	0,116
1,2,3,4,7,8 Hexachlordibenzofuran	0,048	0,061	0,522	0,444	0,045	0,044
1,2,3,6,7,8 Hexachlordibenzofuran	0,069	0,085	0,809	0,666	0,057	0,067
1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzofuran	0,005	0,010	0,066	0,031	0,005	0,006
2,3,4,6,7,8 Hexachlordibenzofuran	0,053	0,073	0,471	0,441	0,042	0,046
1,2,3,4,6,7,8 Heptachlordibenzofuran	0,118	0,212	0,809	0,735	0,080	0,093
1,2,3,4,7,8,9 Heptachlordibenzofuran	0,012	0,021	0,093	0,089	0,009	0,010
Oktaachlordibenzofuran	0,068	0,164	0,365	0,379	0,049	0,048
PCDD - / PCDF - Konzentrationen I-TEQ						
Summenkonzentration I-TEQ nach 17.BImSchV						
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,174	0,143	2,050	1,634	0,176	0,198
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,105	0,086	1,297	1,013	0,112	0,125
PCDD - / PCDF - Massenstrom						
Mittelwert im Meßzeitraum	5,2	4,3	57	45	5,4	6,0
I-TEQ	4,8	4,8	51	51	5,7	5,7

7.6.2. Fortsetzung

Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
PAH-Konzentrationen						
Naphthalin	236,8	236,6	167,2	190,4	105,8	90,5
Acenaphthylen	0,26	2,10	2,75	3,01	1,59	1,33
Acenaphthen	0,17	0,33	0,43	0,47	0,30	0,22
Fluoren	0,52	2,48	3,09	3,35	1,85	1,55
Phenanthren	2,28	5,38	6,21	6,97	4,39	3,60
Anthracen	0,22	1,22	1,62	1,74	1,18	0,96
Fluoranthren	0,39	0,56	0,63	1,23	0,39	0,32
Pyren	0,39	0,64	0,75	0,94	0,52	0,43
Benz (a) anthracen	0,17	0,14	0,07	0,10	0,06	0,06
Crysen/Triphenylen	0,22	0,21	0,17	0,20	0,11	0,10
Benzo (b+j+k) fluoranthren	0,22	0,14	0,07	0,13	0,07	0,08
Benzo (a) pyren	0,13	0,10	0,02	0,03	0,04	0,04
Indeno (1,2,3-cd) pyren	0,09	0,08	0,05	0,05	0,04	0,02
Benzo (ghi) perylen	0,09	0,08	0,05	0,05	0,04	0,03
Dibenz (a,c + a,h) anthracen	< 0,04	< 0,04	< 0,02	< 0,03	< 0,02	< 0,02
PAH-Konzentration (in Summe ohne NWG)						
- im Betriebszustand	0,15	0,15	0,11	0,13	0,07	0,06
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,24	0,25	0,18	0,21	0,12	0,10
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,146	0,15	0,116	0,13	0,074	0,06
PAH - Massenstrom	g/h	7,5	5,1	5,8	3,6	3,0
		7,3	7,8	6,5	2,5	

7.6.2. Fortsetzung
 Ergebnisse der Rohgas-Messungen;
 PCDD/F, PAH, PCB, Chlorbenzole, Chlorphenole

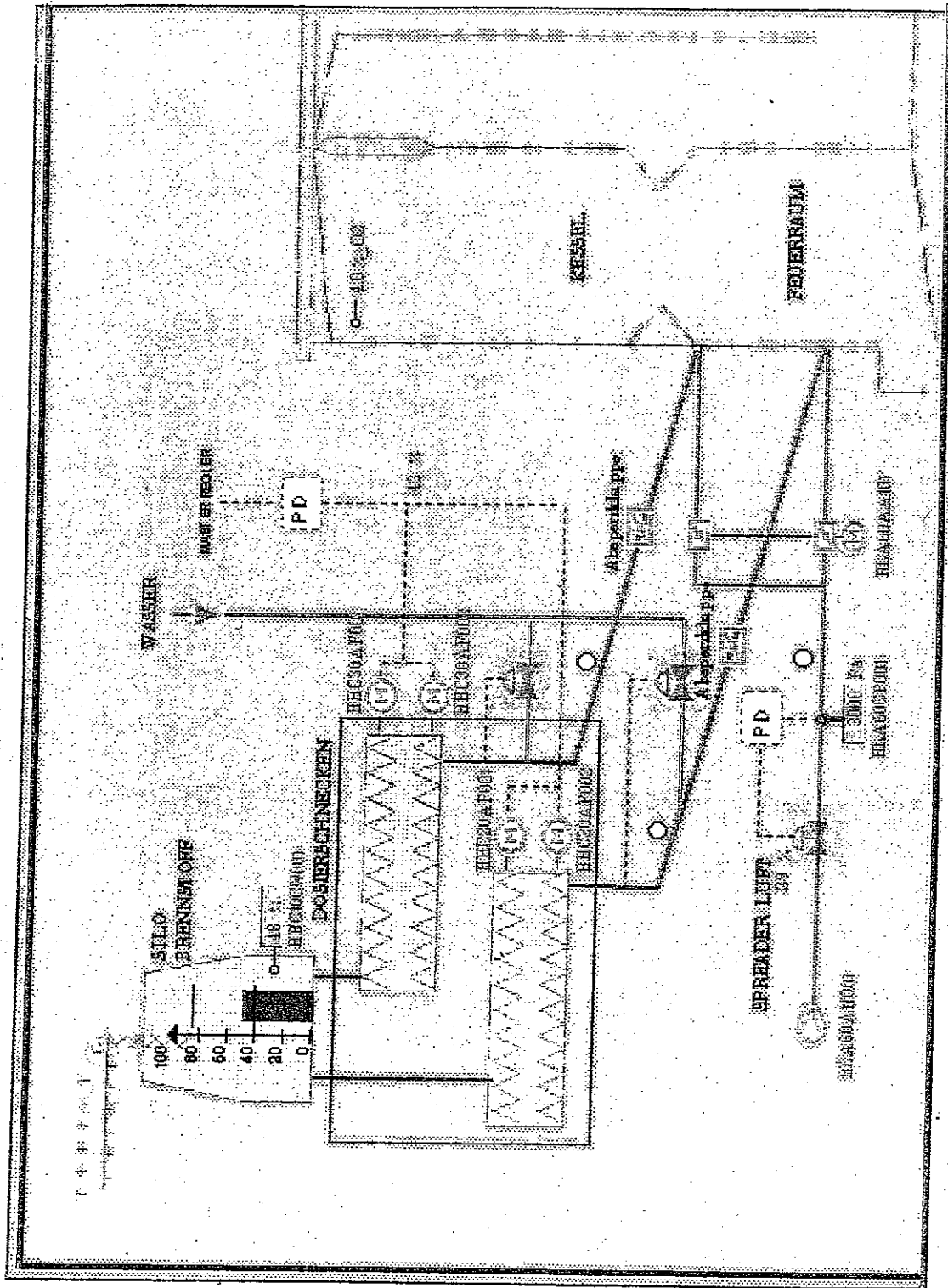
Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz	Altholz Kat. B II		Altholz Kat. B I				
		27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel	
PCB-Konzentrationen								
PCB 28	ng/m ³	11,2	6,6	6,0	6,8	3,5	2,2	2,9
PCB 52	ng/m ³	7,8	5,3	5,1	5,0	3,0	1,4	2,2
PCB 101	ng/m ³	9,0	7,0	7,0	6,5	4,3	2,1	3,2
PCB 138	ng/m ³	5,6	5,0	4,6	5,3	3,4	1,9	2,6
PCB 153	ng/m ³	6,0	5,3	5,6	5,0	3,4	1,9	2,6
PCB 180	ng/m ³	3,9	2,6	1,9	2,4	1,9	0,8	1,3
Summe PCB (nach DIN / LAGA)								
- im Betriebszustand	ng/m ³	121	89	83	85	57	30	43
- trocken, 273 K, 1013 mbar	ng/m ³	217	159	151	155	97	51	74
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	ng/m ³	131	95	96	96	62	32	47
PCB-Massenstrom								
Summe PCB (nach DIN / LAGA)	mg/h	6,5	4,8	4,2	4,3	3,0	1,6	2,3
Chlorbenzol-Konzentrationen								
Trichlorbenzole (Summe)	ng/m ³	3459	451	808	717	261	233	247
Tetrachlorbenzole (Summe)	ng/m ³	277	189	896	934	193	154	173
Pentachlorbenzol	ng/m ³	58	37	200	207	36	34	35
Hexachlorbenzol	ng/m ³	14	10	35	39	8	6	7
Summe Chlorbenzole								
- im Betriebszustand	µg/m ³	2,1	0,38	1,1	1,0	0,29	0,25	0,27
- trocken, 273 K, 1013 mbar	µg/m ³	3,8	0,69	1,9	1,9	0,50	0,43	0,46
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	µg/m ³	2,3	0,41	1,2	1,2	0,32	0,27	0,29
Chlorbenzol-Massenstrom	mg/h	115	21	54	53	15	13	14
Chlorphenol-Konzentrationen								
Trichlorphenole (Summe)	ng/m ³	143	56	1572	2398	57	42	49
Tetrachlorphenole (Summe)	ng/m ³	66	34	714	652	25	28	27
Pentachlorphenol	ng/m ³	43	55	298	309	34	23	29
Summe Chlorphenole								
- im Betriebszustand	µg/m ³	0,14	0,08	1,4	1,8	0,07	0,05	0,06
- trocken, 273 K, 1013 mbar	µg/m ³	0,25	0,14	2,6	3,4	0,12	0,09	0,10
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	µg/m ³	0,15	0,09	1,6	2,1	0,07	0,06	0,07
Chlorphenol-Massenstrom	mg/h	7,6	4,4	71,6	93,0	3,6	2,8	3,2

7.7. Ergebnisse der Reingas-Messungen;
Aldehyde, BTX und N₂O

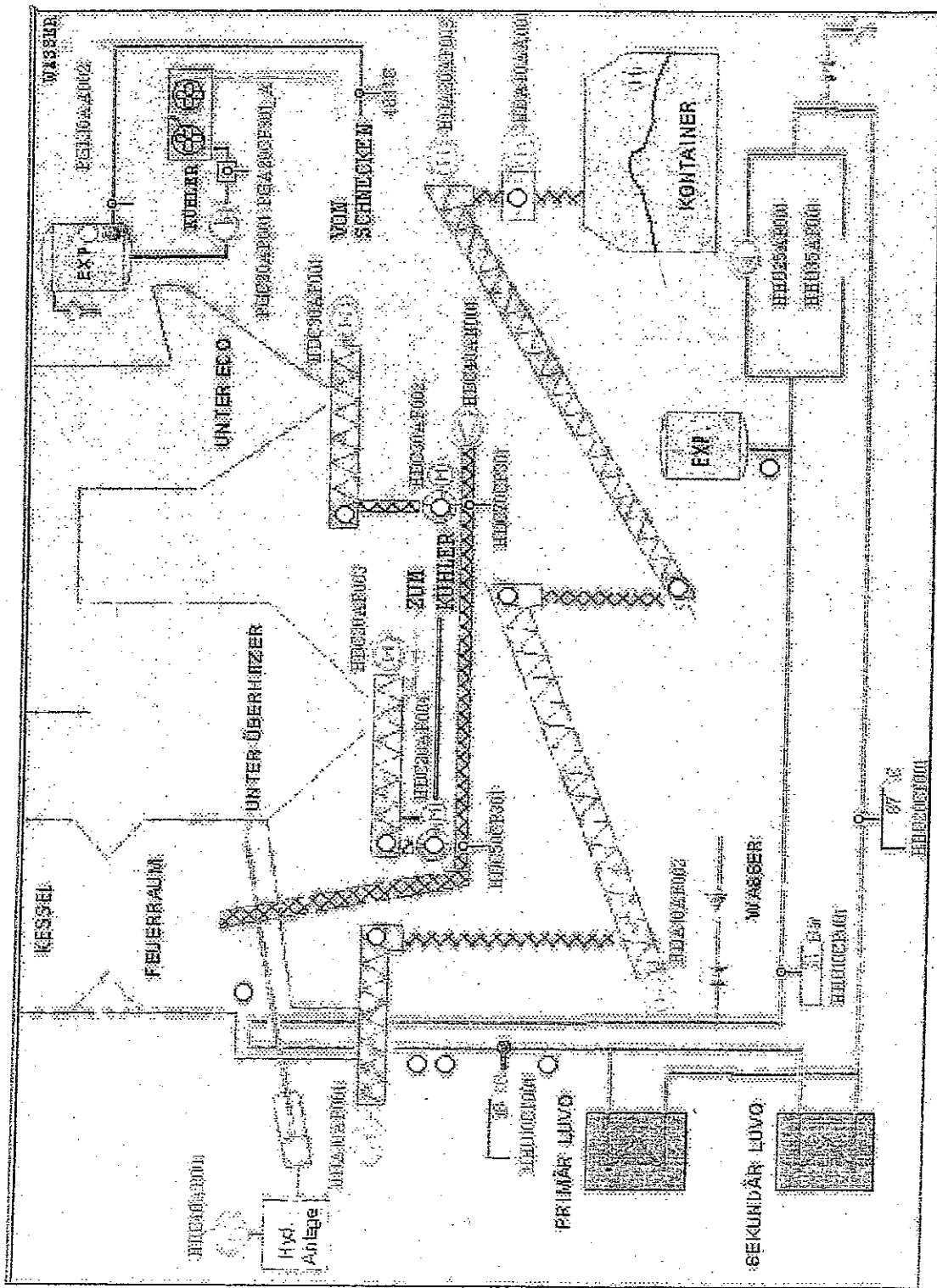
Datum	naturbel. Holzabfälle / Restholz		Altholz Kat. B II		naturbel. Altholz Kat. B I	
	27.03.1998	Mittel	30.03.1998	Mittel	31.03.1998	Mittel
Aldehyd-Konzentration						
Meßzeit - Beginn	09:40	12:35	15:00	08:40	11:25	16:20
Meßzeit - Ende	10:12	13:05	15:30	09:10	11:55	16:50
- im Betriebszustand	0,16	0,15	1,4	0,6	0,21	0,73
- trocken, 273 K, 1013 mbar	0,27	0,25	2,4	1,0	0,34	1,17
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	0,16	0,15	1,4	0,6	0,22	0,74
Aldehyd-Massenstrom	0,007	0,007	0,065	0,026	0,009	0,030
BTX-Konzentration ¹⁾						
Meßzeit - Beginn	09:10	11:30	14:15	07:30	10:20	13:30
Meßzeit - Ende	-09:40	12:04	14:50	08:10	10:55	14:00
- im Betriebszustand	<0,8	<1,7	<1,5	<1,3	<0,6	<0,7
- trocken, 273 K, 1013 mbar	<1,3	<2,8	<2,5	<2,2	<1,0	<1,2
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	<0,8	<1,7	<1,5	<1,3	<0,6	<0,7
BTX-Massenstrom	<0,04	<0,08	<0,07	<0,06	<0,02	<0,03
Distickstoffoxid-Konzentration						
Meßzeit	10:20	13:10	15:40	09:35	12:35	17:00
- im Betriebszustand	<1	<1	<1	<1,2	<1	<1,6
- trocken, 273 K, 1013 mbar	<2	<2	<2,0	<4	<2	<2,6
- tr., 273 K, 1013 mbar, 11 Vol.-% O ₂	<1	<1	<1,2	<3	<1	<1,7
Distickstoffoxid-Massenstrom	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,05

¹⁾ Die Analyseergebnisse lagen für alle Einzelkomponenten (Benzol, Toluol, Xylole) unterhalb der absoluten Nachweisgrenze von 20 µg

7.0.1. Schema Feuerungssystem



7.0.3. Schema Aschensystem



8. Anhang B: Meß- und Analyseverfahren

Die Abgasprobenahmen wurden an den folgenden Probenahmestellen durchgeführt:

Rohgas

Meßstelle:	im waagrechten Abgaskanal zwischen Zyklon und Gewebefilter
gerade Einlaufstrecke:	ca. 1 m
gerade Auslaufstrecke:	ca. 1 m
Meßstelle gemäß VDI 2066 Blatt 1:	nein
Durchmesser:	ca. 1,2 m (Der effektive Durchmesser war aufgrund von Staubablagerungen kleiner.)

Reingas

Meßstelle:	im Schornstein in ca. 15 m Höhe
gerade Einlaufstrecke:	ca. 8 m
gerade Auslaufstrecke:	ca. 14 m
Meßstelle gemäß VDI 2066 Blatt 1:	ja
Durchmesser:	1,0 m

Die Messung der Brennraumtemperaturen erfolgte im Zug 1.

Materialproben

Die Materialproben wurden vom Betreiberpersonal in Absprache mit dem Meßinstitut in halbstündigen Abständen während des jeweiligen PCDD/F-Probenahmezeitraums entnommen. Die Probenahmestelle für das Brennmaterial war unmittelbar vor dem Eintritt in die Schneckenförderer. Die Aschen und Stäube wurden oberhalb der Sammelcontainer an der jeweiligen Austragsstelle entnommen.

3.1. Meß- und Analysenverfahren

kontinuierliche Meßverfahren:

Temperatur:	Ni/CrNi- Thermoelement
Sauerstoff:	magnetische Suszeptibilität
Kohlenmonoxid, Kohlendioxid:	NDIR-Spektrometrie; VDI 2459 Bl. 6 (11/80)
Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂ :	
NO:	NDIR-Spektrometrie/DIN 33962 E (12/92)
NO ₂ :	NDUV-Spektrometrie/DIN 33962 E (12/92)
Schwefeldioxid	NDUV-Spektrometrie
Organische Stoffe, ang. als Gesamt-C:	Flammenionisationsdetektor (FID); VDI 3481 Bl. 1 (08/75) und Bl. 3 (10/95)

diskontinuierliche Meßverfahren:

gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als HCl:	Absorptionsverfahren; DIN prEN 1911-1, 2 und 3 (09/95)
gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als HF:	Absorptionsverfahren; VDI 2470, Bl. 1 (10/75)
Aliphatische Aldehyde (C1 - C3), angegeben als Formaldehyd:	Absorptionsverfahren; VDI 3862, Bl. 1 (12/90)
gasförmige organische Verbindungen:	Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen VDI 2457, Bl. 1 E (09/96) Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen mit Kapillarsäulen VDI 3482, Bl. 1 (02/86); 4 und 5 (11/84).
Distickstoffoxid (N ₂ O):	GC/MS-Analyse aus der Gasphase
Phosgen (COCl ₂):	Messung mittels Prüfröhrchen Dräger Phosgen 0,02/a

Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF) gemäß 17. BImSchV,
 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Chlorphenole (Mono- bis Penta-)

Chlorbenzole (Tri- bis Hexa-): Kondensations- und Absorptionsverfahren mit
 gekühltem Absaugrohr,
 VDI-Richtlinie 3499, Bl. 3 (12/96)
 Analyse mittels HR- bzw. LR-GC/MS

Partikelförmige Emissionen: VDI 2066 Bl. 1 (Ausgabe 10/75): Staubmessungen in
 strömenden Gasen; gravimetrische Bestimmung der
 Staubbelastung; Übersicht
 VDI 2066 Bl. 2 (08/93): Manuelle Staubmessung in
 strömenden Gasen; gravimetrische Bestimmung der
 Staubbelastung; Filterkopfgeräte (Rohgas)
 VDI 2066 Bl. 7 (08/93): Manuelle Staubmessung in
 strömenden Gasen; gravimetrische Bestimmung
 geringer Staubgehalte; Planfilterkopfgeräte (Reingas)

Toxische Staubinhaltsstoffe Antimon (Sb), Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd),
 Chrom (Cr), Cobalt (Co), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Thallium (Tl), Va-
 nadium (V), Zinn (Sn), Zink (Zn):

VDI 3868 Bl. 1 (12/94) Messen der Gesamtemission
 von Metallen, Halbmetallen und ihren Verbindungen;
 Manuelle Messung in strömenden, emittierten Gasen;
 Probenahmesystem für partikelgebundene und
 filtergängige Stoffe

VDI 2268 Bl. 1 - 4: Analytik mittels Atomabsorptions-
 spektrometer (AAS)

VDI 3868 Bl. 1 (Vorentwurf): Messen der Emissionen
 von Quecksilber

DIN 38406 E12/2 Bestimmung von Quecksilber
 mittels Atomabsorptionsspektrometrie

Die Verfahren der Feststoffanalysen sind in den Ergebnistabellen mit aufgeführt.

Beteiligung weiterer Institute

Ökometric Bayreuth (Analytik PCDD/F, PCB, PAH, Chlorphenole und -benzole, γ -
 HCH)

Orga Lab GmbH, Zirndorf (Analytik Materialproben, Hg, Zn)