

# Trocknung und thermische Behandlung von Klärschlamm

04.09.2009

erarbeitet von  
Dipl.-Ing. Thomas Obermeier, Dipl.-Ing. Sylvia Lehmann  
TOMM+C  
Thomas Obermeier Management & Consulting

## Inhaltsverzeichnis

- Trocknung und Thermische Behandlung von Klärschlamm
  - ∅ Europa
    - gesetzliche Regelung
    - Stand der Klärschlammverwertung
  - ∅ Deutschland
    - gesetzliche Regelung
    - Stand der Klärschlammverwertung
    - Klärschlamm-trocknung
    - Klärschlammverbrennung
  - ∅ Trocknungsverfahren
  - ∅ Verbrennungsverfahren
    - Monoverbrennung
    - Mitverbrennung in Kraftwerken, Zementwerken
    - Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

## Europa - Gesetzliche Regelungen

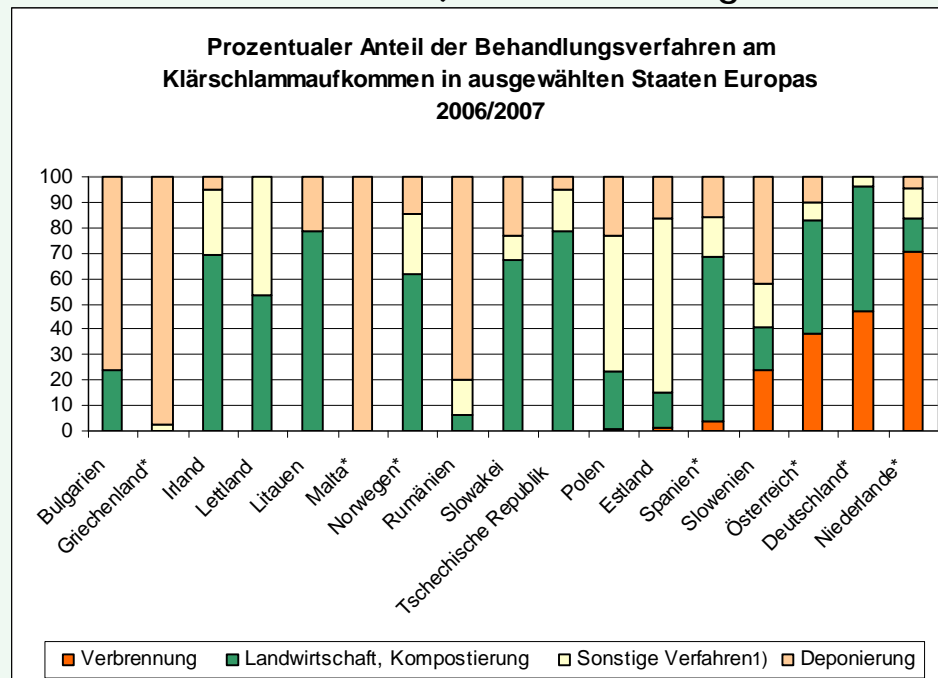
**Novelle der EG-Klärschlammrichtlinie (86/278/EWG), 1986**  
 Novellierung mehrmals vertagt, voraussichtlich noch kein Entwurf 2010, z.Zt. liegt nur Arbeitspapier von 2000 mit abgesenkten Grenzwerten vor  
 EU Kommission favorisiert die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung

Parameter	86/278/EWG aktuell [mg/kg TM]	KS-Richtlinie Entwurf <sup>1)</sup> Annex III/IV [mg/kg TM]	KS-Richtlinie Entwurf <sup>1)</sup> 2015 [mg/kg TM]	KS-Richtlinie Entwurf <sup>1)</sup> 2025 [mg/kg TM]
Blei (Pb)	750 – 1.200	750	500	200
Cadmium (Cd)	20 - 40	10	5	2
Chrom (Cr)	n.b.	1.000	800	600
Kupfer (Cu)	1.000 – 1.750	1.000	800	600
Nickel (Ni)	300 - 400	300	200	100
Quecksilber (Hg)	16 - 25	10	5	2
Zink (Zn)	2.500 – 4.000	2.500	2.000	1.500
AOX	n.b.	500	n.b.	n.b.
LAS	n.b.	2.600	n.b.	n.b.
DEHP	n.b.	100	n.b.	n.b.
NPE	n.b.	50	n.b.	n.b.
PAH	n.b.	6	n.b.	n.b.
PCB	n.b.	0,8	n.b.	n.b.
PCDD/F	n.b.	100 ngTE/kg TM	n.b.	n.b.

<sup>1)</sup>Working Document on Sludge 3rd Draft 2000

## Europa - Klärschlammverwertung

In Europa wird Klärschlamm in einigen Ländern zum überwiegenden Teil deponiert (z.B. Griechenland) bzw. überwiegend stofflich verwertet – Landwirtschaft / Kompostierung (z.B. Tschechische Republik), zu etwa gleichen Teilen stofflich verwertet bzw. verbrannt (Deutschland, Österreich) oder überwiegend verbrannt (Niederlande)



1) Klärschlamm, der nicht verbrannt, kompostiert, auf Deponien verbracht oder landwirtschaftlich genutzt wird (z. B. Behandlung durch Nassoxidation).

Klärschlammaufkommen	
Ausgewählte Staaten in Europa	2006/2007 in 1.000 m <sup>3</sup>
Malta*	0,3
Lettland	19,0
Slowenien	21,1
Bulgarien	27,3
Estland	28,1
Litauen	40,8
Slowakei	55,3
Rumänien	55,5
Norwegen*	70,9
Irland	88,1
Griechenland*	126,0
Tschechische Republik	172,3
Österreich*	254,3
Niederlande*	359,5
Polen	533,4
Spanien*	1.065,0
Deutschland*	2.048,5

\* Daten stammen aus dem Jahr 2006  
Quelle: Eurostat 2009, eigene Berechnung

## Deutschland - Gesetzliche Regelungen

**Klärschlammverordnung  
(AbfKlärV), 1992**  
**Novellierung,**  
Referentenentwurf Ende 2009,  
voraussichtl. Inkrafttreten **2010**

- Ø Absenkung der Schadstoffgrenzwerte um 70 - 90 %

**Düngemittelverordnung  
(DüMV), 2008**

Ab 2017 sollen die  
Schadstoffgrenzwerte der DüMV  
auch für Klärschlämme gelten

- Ø Mit wenigen Ausnahmen  
weiteres Absenken der  
Schadstoffgrenzwerte

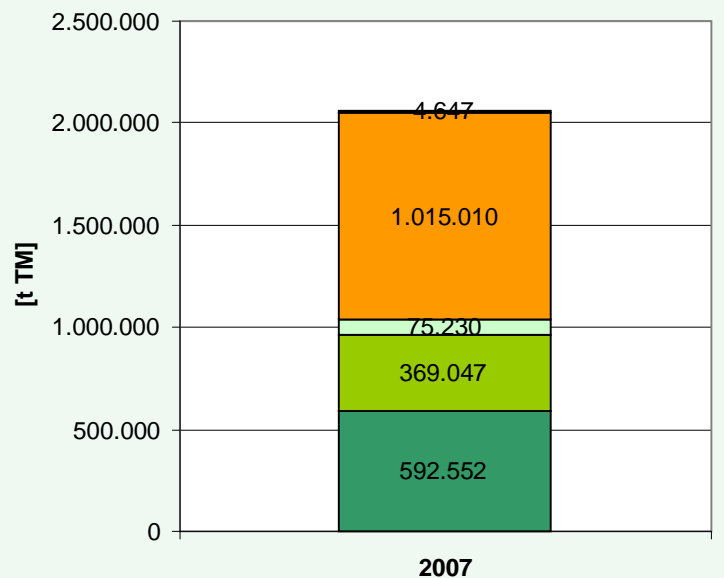
Parameter	AbfKlärV 1992 [mg/kg TM]	AbfKlärV Novelle [mg/kg TM]	DüMV 2008 [mg/kg TM]	86/278/EWG aktuell [mg/kg TM]
Blei (Pb)	900	120	100	750 – 1.200
Cadmium (Cd)	10	2,5	1,0 bzw. 20*	20 - 40
Chrom (Cr)	900	100	300	n.b.
Kupfer (Cu)	800	700	n.b.	1.000 – 1.750
Nickel (Ni)	200	60	40	300 - 400
Quecksilber (Hg)	8	1,6	0,5	16 - 25
Zink (Zn)	2.500	1.500	n.b.	2.500 – 4.000
PCB	0,2	0,1	n.b.	n.b.
PCDD/F	100	30	n.b.	n.b.
AOX	500	400	n.b.	n.b.
PFT	n.b.	0,2/0,1	0,05	n.b.

\* Bei P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalten > 5 %

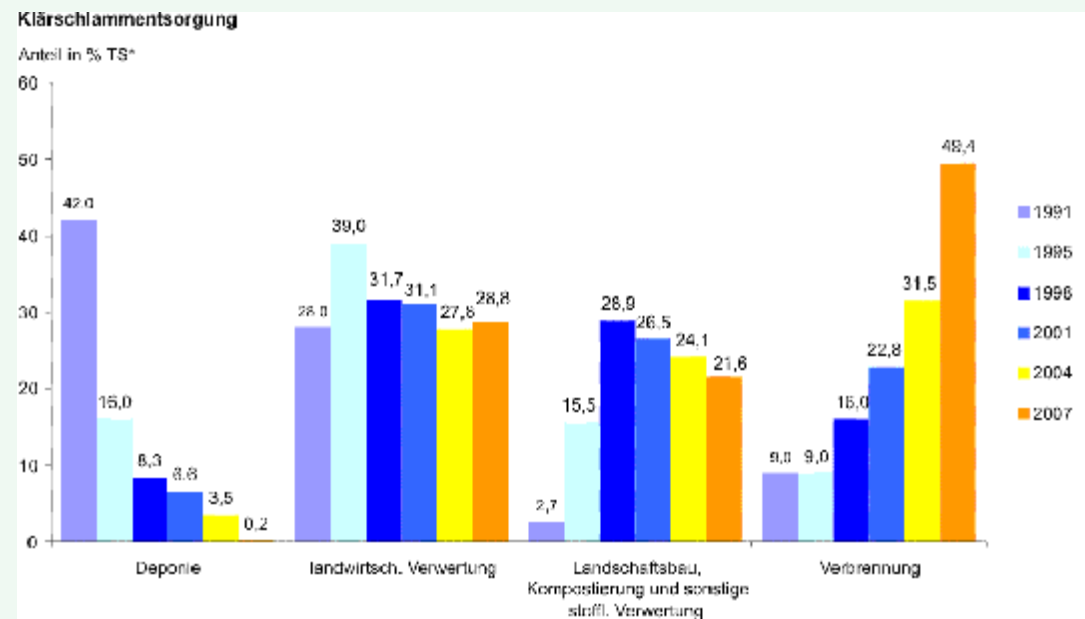
**Die landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlamm wird durch  
die verschärften Grenzwerte erschwert**

## Deutschland - Klärschlammverwertung

In Deutschland wurden 2007 rund 2 Mio. Tonnen Klärschlamm entsorgt, wobei knapp 50% mit zunehmender Tendenz auf die Verbrennung und 50% auf die stoffliche Verwertung mit leicht fallender Tendenz entfallen, Deponierung spielt mit 0,2% keine Rolle



■ Landwirtschaft  
■ Sonstige stoffliche Verwertung  
■ Landschaftsbau  
■ Thermische Entsorgung  
■ Deponie



Wegfall der statistischen Erhebungsmethodik, daher vor 2007 keine Aufsummiung auf 100 % möglich. TS=Trockensubstanz

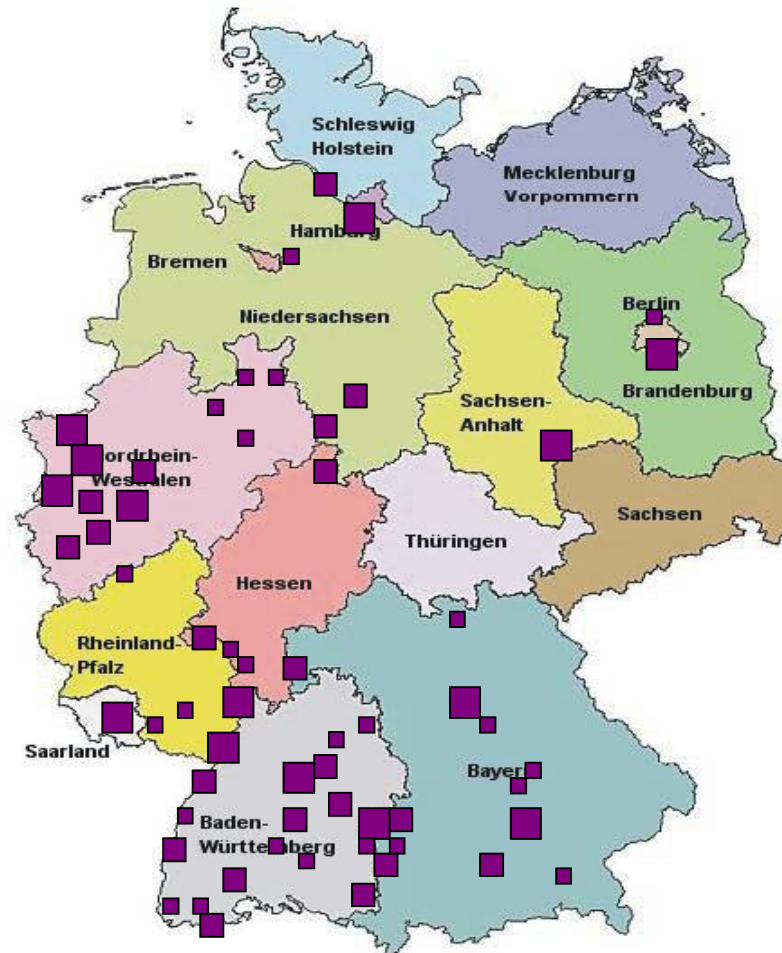
Quelle: Umweltbundesamt, Zusammenstellung aus Daten des Statistischen Bundesamtes 2008

## Deutschland - Klärschlamm-trocknung

In Deutschland sind ca. 70 Klärschlamm-trocknungsanlagen in Betrieb

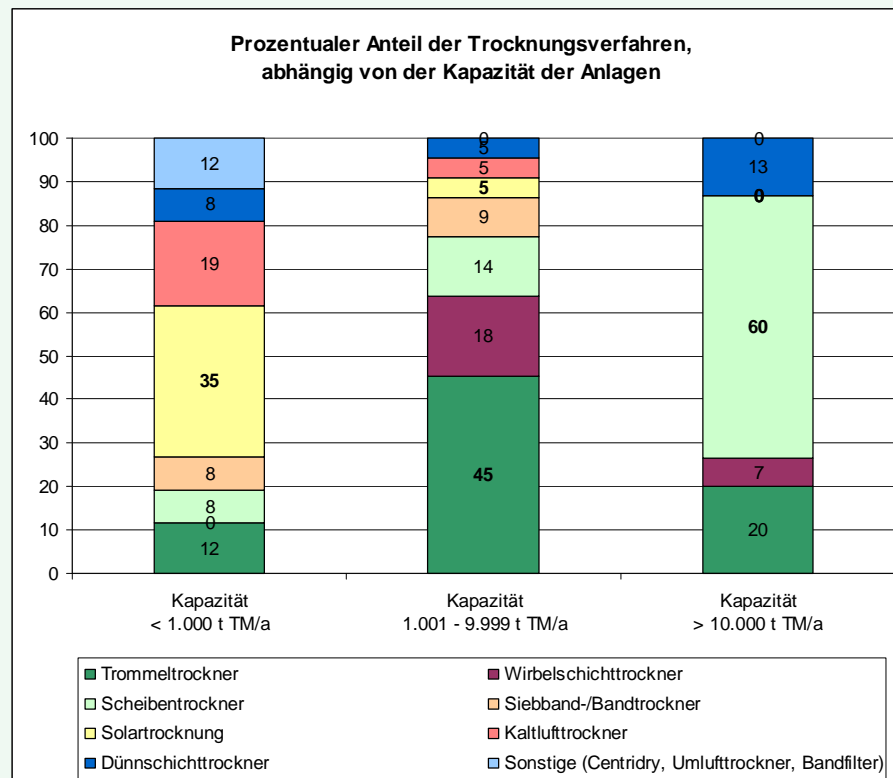
### Trocknungsanlagen Bestand 2004

- < 1.000 t TM/a
- 1.001 - 9.999 t TM/a
- > 10.000 t TM/a



## Deutschland - Klärschlamm-trocknung

Je nach Kapazität der Trocknungsanlagen werden verschiedene Verfahren bevorzugt. Bei kleinen Anlagen überwiegen Solar- und Kaltlufttrockner, bei mittleren Anlagen Trommeltrockner und bei großen Anlagen Scheibentrockner



Trocknungsverfahren	Anzahl Anlagen
Trommeltrockner	18
Scheibentrockner	14
Solartrocknung	10
Kaltlufttrockner	9
Wirbelschichttrockner	6
Siebband-/Bandtrockner	5
Dünnschichttrockner	5
Sonstige (Centridry, Umlufttrockner, Bandfilter)	5
<b>Summe</b>	<b>72</b>



## Deutschland - Klärschlammverbrennung



In Deutschland sind 17 kommunale Monoklärschlammverbrennungsanlagen mit einem jährlichen Durchsatz von gerundet 550.000 t TM in Betrieb.



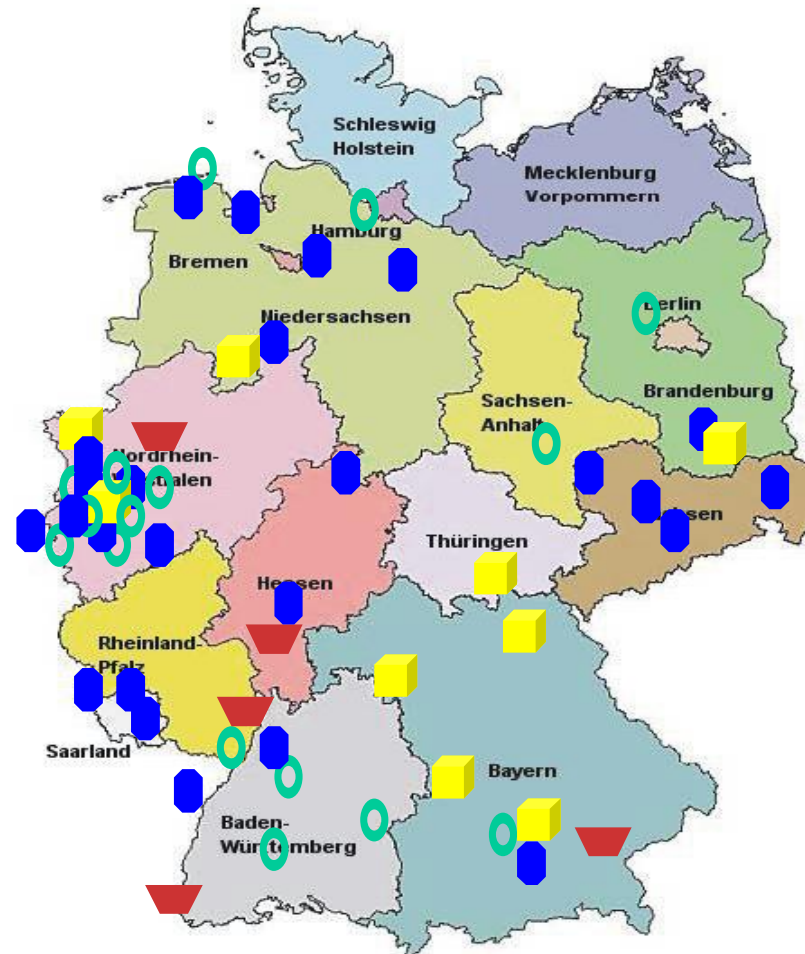
In den fünf betriebseigenen Verbrennungsanlagen der Industrie: Wacker, BASF, Infracor, Ciba und Infracor werden ca. 66.000 t TM mitverbrannt.



In 27 Kraftwerken können 783.000 t TM verbrannt werden



In 9 MVA's können 140.000 t TM verbrannt werden.



## Deutschland - Klärschlammverbrennung

Bei der Entwicklung der Verbrennungskapazitäten können langfristig gesehen die jährlich anfallenden Klärschlamm-mengen von 2 Mio. t TM thermisch behandelt werden, mit Wachstum ist vor allem bei der Mitverbrennung in Kohle- und Müllverbrennungsanlagen als auch in Zementwerken zu rechnen

### Verbrennungskapazitäten [t TM/a]

	2003	2004	2005	Kapazitäten langfristig
Monoverbrennung kommunal	378.000	482.800	550.000	550.000
Monoverbrennung industriell	40.000	40.000	66.000	66.000
Kohlekraftwerke	310.000	667.000	783.000	1.200.000
Müllverbrennungsanlagen	46.000	49.000	71.000	130.000
Vergasung	55.000	55.000	65.000	65.000
Zementwerke	-	85.000	85.000	~ 190.000
<b>Summe</b>	<b>829.000</b>	<b>1.378.800</b>	<b>1.620.000</b>	<b>2.201.000</b>

# Verbrennungsverfahren

## Monoverbrennung

### Großtechnisch

- Ø Wirbelschicht
- Ø Etagenofen
- Ø Etagenwirbler
- Ø Schmelzzyklon
- Ø Flammenkammer

### Kleinanlagen

- Ø Wirbelschicht
  - KALEGO
  - ES+S
  - Krüger, PYROFLUID
- Ø Rost
  - Aldavia, AWINA
  - Krüger, BioCon
  - Huber, sludge2 energy
- Ø Sonderbauformen
  - Andritz EcoDry<sup>1)</sup>
  - Eisenmann, Pyrobuster<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Zyklonofen    <sup>2)</sup> Drehrohr    Quelle: atz

## Alternative Verfahren

### Großtechnisch

- Ø Vergasung
  - Festbettdruckvergasung
  - Flugstromvergasung
  - Konversionsverfahren
  - Thermoselectverfahren
- Ø Pyrolyse
  - Schwelbrennverfahren
  - Niedertemperaturkonvertierung

### Kleinanlagen

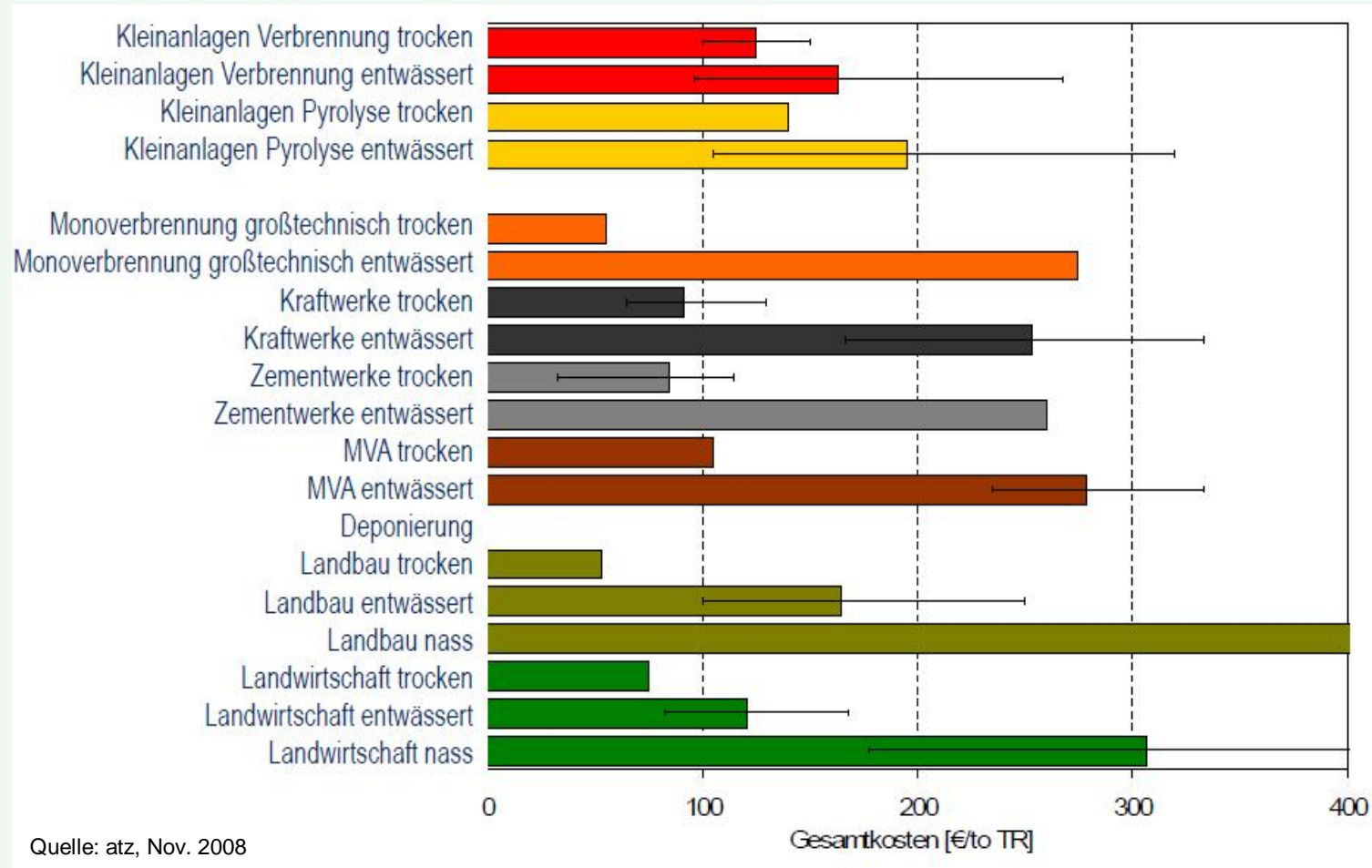
- Ø Vergasung
  - Kopf AG, Kopf-verfahren
  - G&A / Unitechnik
  - OHL / Polytherm
- Ø Pyrolyse
  - Thermokatalyse
  - PYROMEX
  - US Prozesstechnik, HD-PAWA-Therm

## Mitverbrennung

### Großtechnisch

- Ø Müllverbrennung
  - Rostfeuerung
- Ø Kohlefeuerung
  - Trockenfeuerung
  - Wirbelschicht
  - Staubfeuerung
  - Schmelzfeuerung
  - Schmelzkammer
- Ø Industriefeuerung
  - Zementherstellung
  - Kalkherstellung
  - Asphaltherstellung
  - Papierschlammverbrennung

# Kosten für Klärschlammverwertung



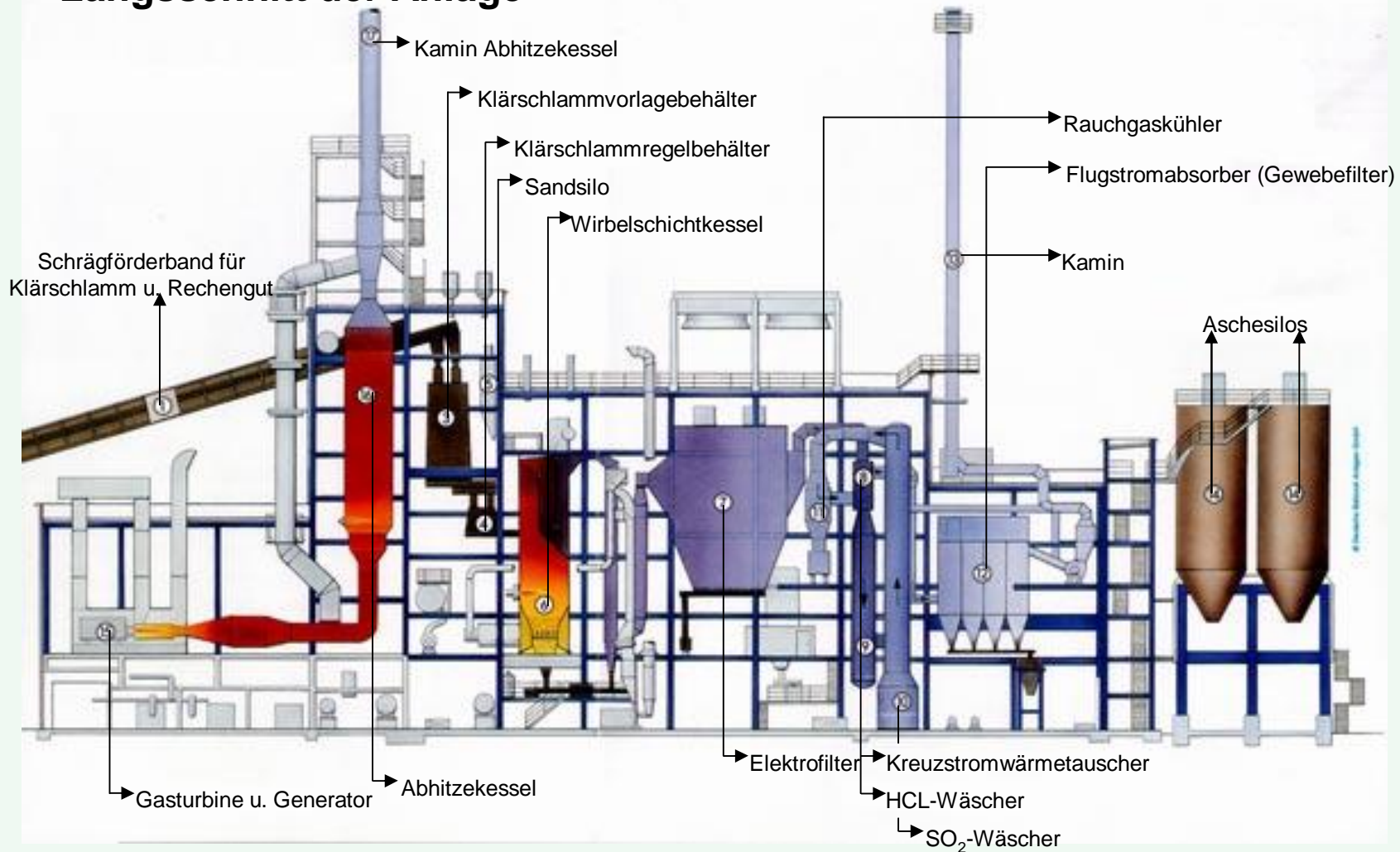
## Klärschlammverbrennungsverfahren im Vergleich



	Monoverbrennung Dezentral	Monoverbrennung Zentral	Müllverbrennung	Zementwerke	Kraftwerke
ØSchadlose Entsorgung	+	+	+	+	+
ØEnergienutzung	- / +	-	-	- / +	+
ØPhosphor	+	+	-	-	-
ØKosten	-	- / +	- / +	+	+

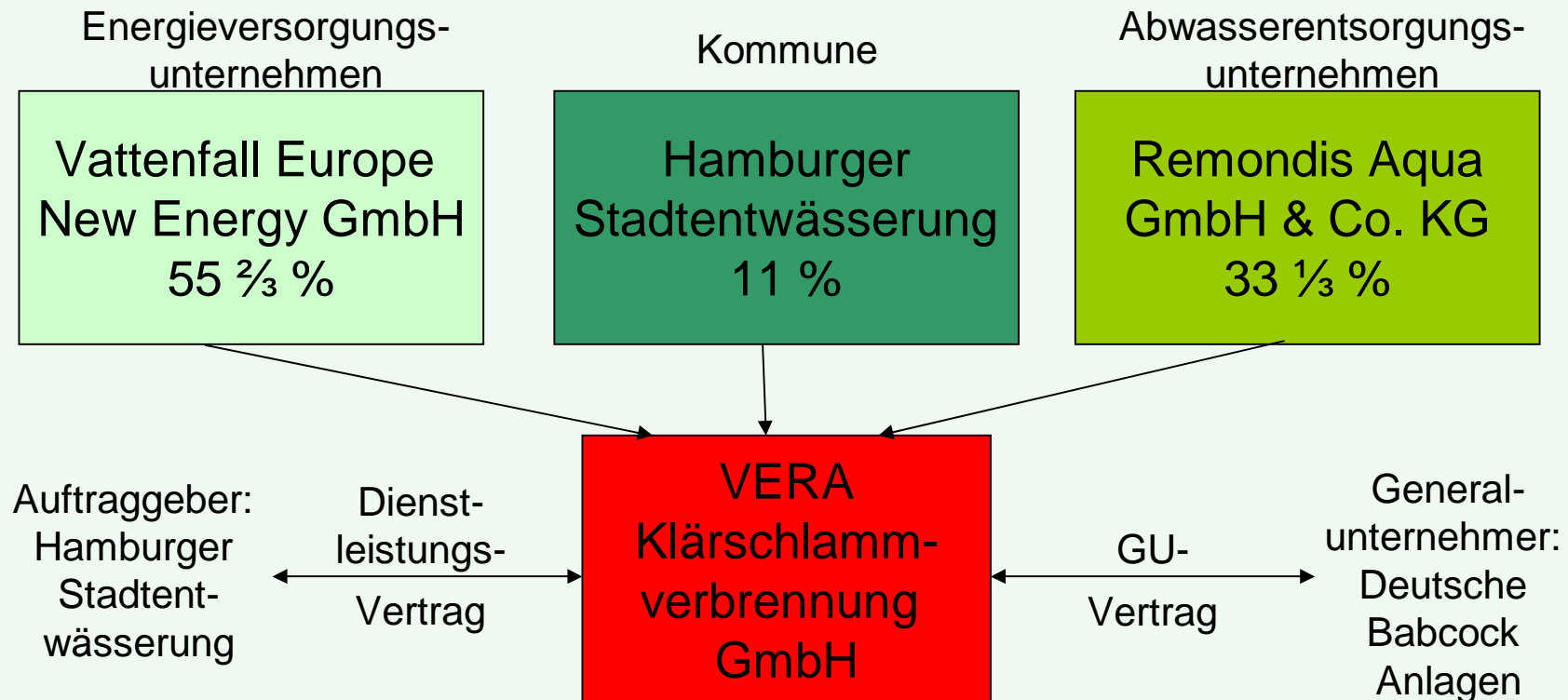
# Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

## Längsschnitt der Anlage



# Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

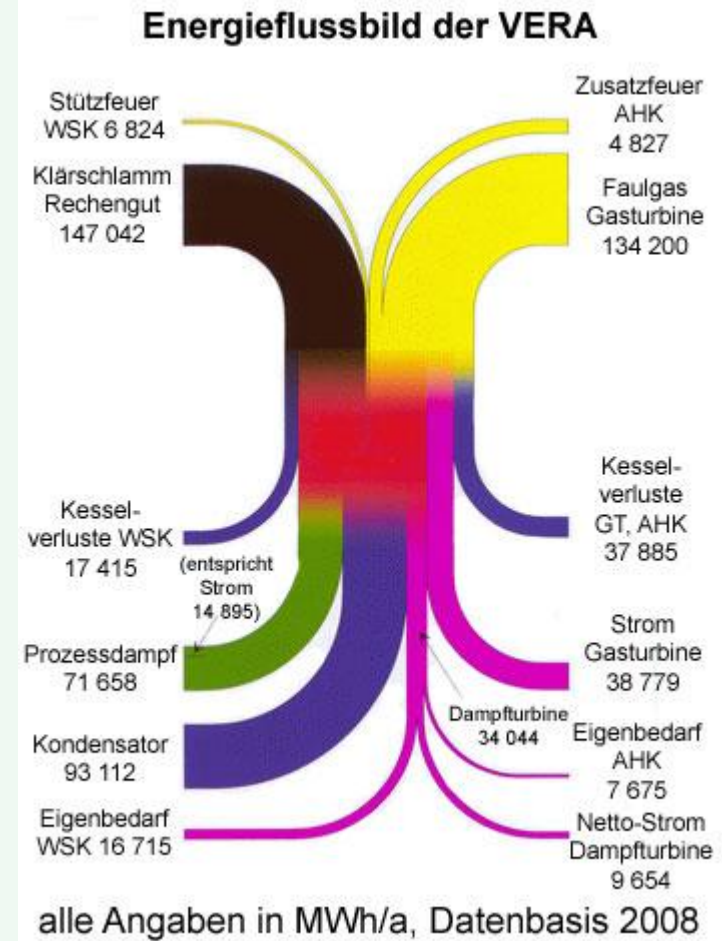
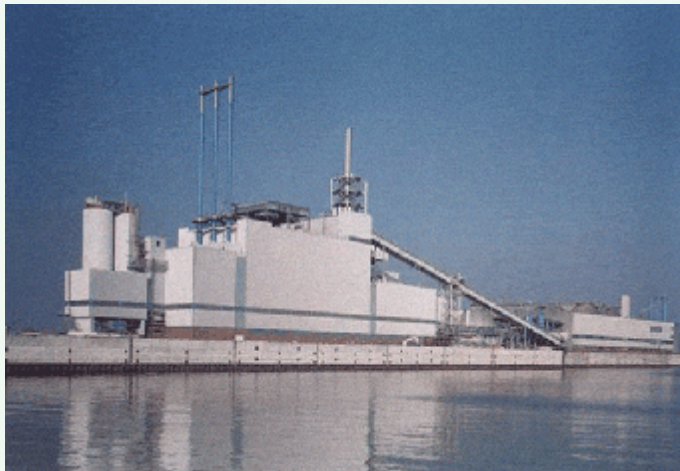
ppp-Betreibermodell



## Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

### Energiefluss

- Ø die zugeführten Energieströme setzen sich je zur Hälfte aus Energie des Klärschlamm/Rechengutes und des Faulgases zusammen
- Ø Durch Integration der Kessel in einen GuD-Prozess werden hohe Wirkungsgrade für eine Entsorgungsanlage erreicht





## Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

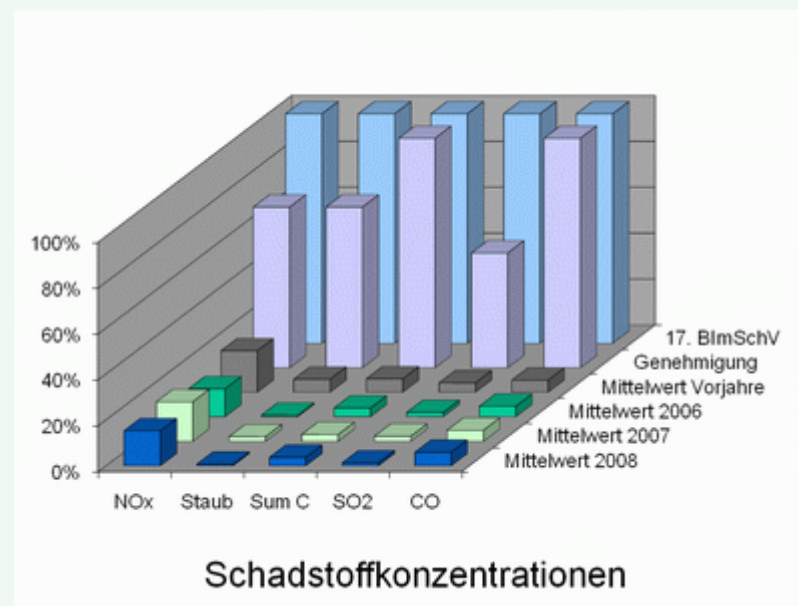
Jahresemissionen Konzentrationsmittelwerte

Alle Werte in mg/m <sup>3</sup>	Staub	Sum C	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
17. BImSchV	10	10	50	200	50
Genehmigung	7	10	25	140	50
Mittelwert 2008	0,1	0,4	0,7	31	2,9
Mittelwert 2007	0,2	0,3	1,1	34	2,4
Mittelwert 2006	0,1	0,4	1,0	24	2,3
Mittelwert Vorjahre	0,6	0,6	2,1	36	2,7

Jahresemissionen 2008 (Frachten)

Tonnen pro Jahr	Staub	Sum C	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
emittiert	0,03	0,13	0,25	10,75	1,44
genehmigt	2,93	4,19	10,48	58,68	20,96
Prozent	1,0 %	3,1 %	2,4 %	18,3 %	6,9 %

Die Konzentrationsmittelwerte und die Frachten für Schadgase und Staub liegen deutlich unter den Genehmigungsanforderungen

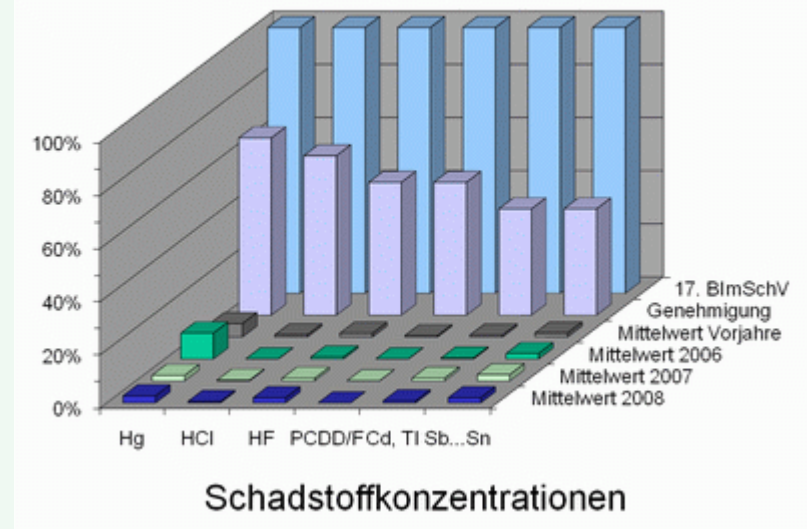
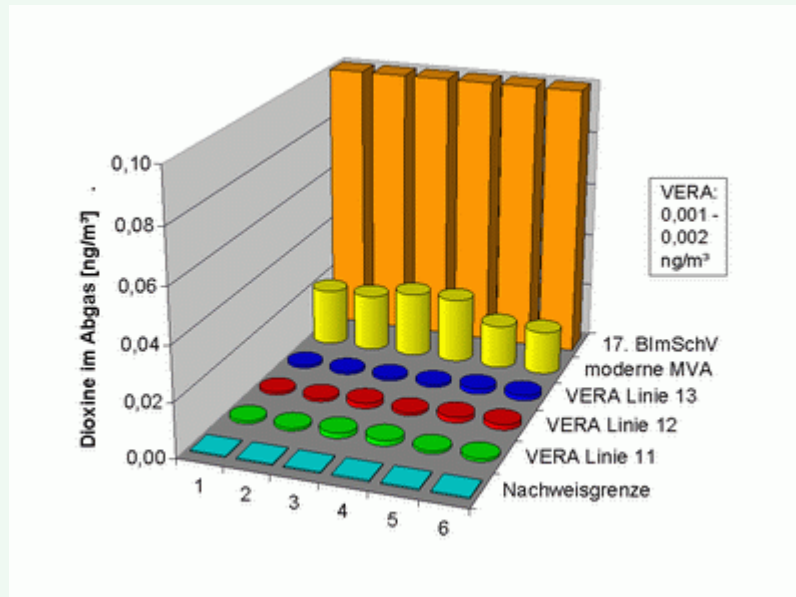


# Beispiel Monoverbrennungsanlage VERA, Hamburg

Konzentrationsmittelwerte für Schadgase, Schwermetalle, PCDD/F und Dioxine liegen deutlich unter den Genehmigungsanforderungen und im Fall der Dioxine unterhalb den Emissionen moderner MVA´s

Jahresemissionen Konzentrationsmittelwerte der Probenahme

alle Werte in mg/m <sup>3</sup>	Hg	HCl	HF	PCDD/F ng/m <sup>3</sup>	Cd, Ti	Sb...Sn
17. BImSchV	0,03	10	1	0,1	0,05	0,5
Genehmigung	0,02	6	0,5	0,05	0,02	0,2
Mittelwert 2008	0,0008	0,06	0,02	0,00001	0,0004	0,010
Mittelwert 2007	0,0006	0,03	0,01	0,0001	0,0005	0,012
Mittelwert 2006	0,0029	0,01	0,01	0,0001	0,0002	0,011
Mittelwert Vorjahre	0,0014	0,09	0,01	0,0006	0,0004	0,008



Kontakt:

TOMM+C Thomas Obermeier Management & Consulting

Dipl.-Ing. Thomas Obermeier

Dipl.-Ing. Sylvia Lehmann

Nieritzweg 23

D-14165 Berlin

Tel.: +49 30 84 50 95 53

Fax: +49 30 815 96 99

E-Mail: [sylvia.lehmann@tomm-c.de](mailto:sylvia.lehmann@tomm-c.de)