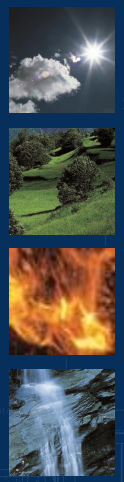


850 °C, 2s – noch zeitgemäß?

Untersuchungen zur möglichen Temperaturabsenkung

Rudi Karpf ◻ Martin Pohl ◻ Peter Quicker

ete.a Ingenieurgesellschaft für Energie und Umweltengineering & Beratung mbH

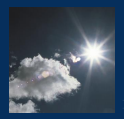
Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz
am 26. und 27. Januar 2015, Berlin

Durchführung

ete.a ENVERUM Qonversion sustainable energy

im Auftrag der

ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.

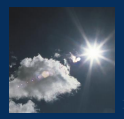


Einführung

Gegenstand

Rechtlicher Hintergrund

ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.

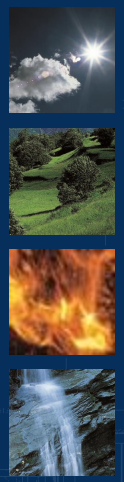


Gegenstand

Erstellung eines Hintergrundpapiers
zur Relevanz der 850°C / 2 Sekunden Regel
für den anstehenden BVT-Überarbeitungsprozess

Verwendet Unterlagen

- VGB-Forschungsprojekt 173
  Prozesskontrolle bei Abfallverbrennungsanlagen (1999)
- VGB-Forschungsprojekt 194
  Verweilzeit von Verbrennungsgasen
  Versuche an der MHKW Mannheim (2000)
- Gutachten und Praxiserfahrungen von aktuell sechs Siedlungsabfallverbrennungsanlagen in Deutschland (Änderungsgenehmigungen nach Umbau) .



Rechtlicher Rahmen

17. BImSchV

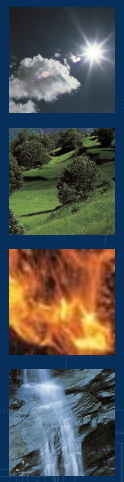
(1) Abfallverbrennungsanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass […] nach der letzten Verbrennungsluftzuführung eine Mindesttemperatur von **850 Grad** Celsius eingehalten wird.

(3) Die Mindesttemperatur muss auch unter ungünstigsten Bedingungen […] für eine Verweilzeit von **mindestens zwei Sekunden** eingehalten werden.

(6) **Abweichend** […] können die zuständigen Behörden andere Mindesttemperaturen oder Mindestverweilzeiten zulassen, sofern

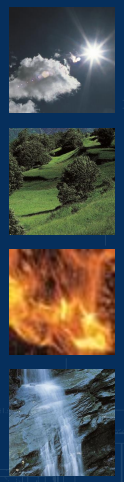
1. die sonstigen Anforderungen dieser Verordnung eingehalten werden und
2. nachgewiesen wird, dass durch die Änderung der Verbrennungsbedingungen **keine größeren Abfallmengen und keine Abfälle mit einem höheren Gehalt an organischen Schadstoffen**, insbesondere an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, polyhalogenierten Dibenzodioxinen, polyhalogenierten Dibenzofuranen oder polyhalogenierten Biphenylen, entstehen, als unter den in den Absätzen 1 bis 3 festgelegten Bedingungen zu erwarten wären.

→ Emissionen am Kamin
→ RGR-Rückstände

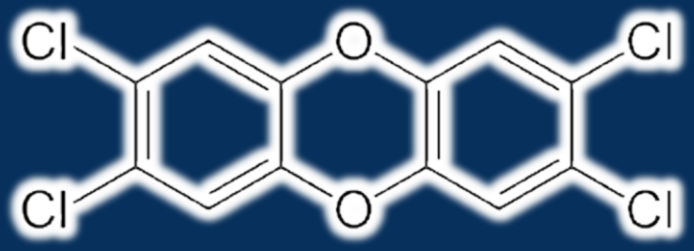


Stand des Wissens

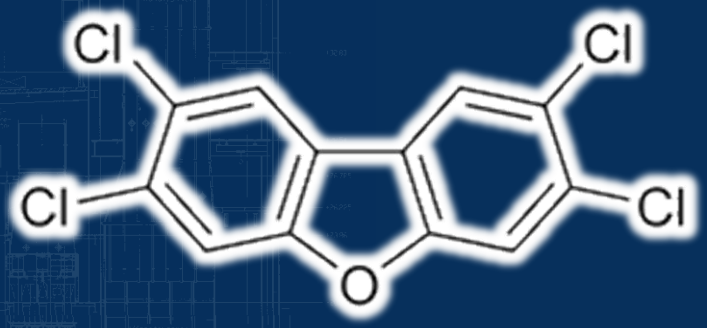
ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.



Polychlorierte Dibenzodioxine & Dibenzofuranen



2,3,7,8-TCDD
Tetra-Chlor-Dibenzodioxin



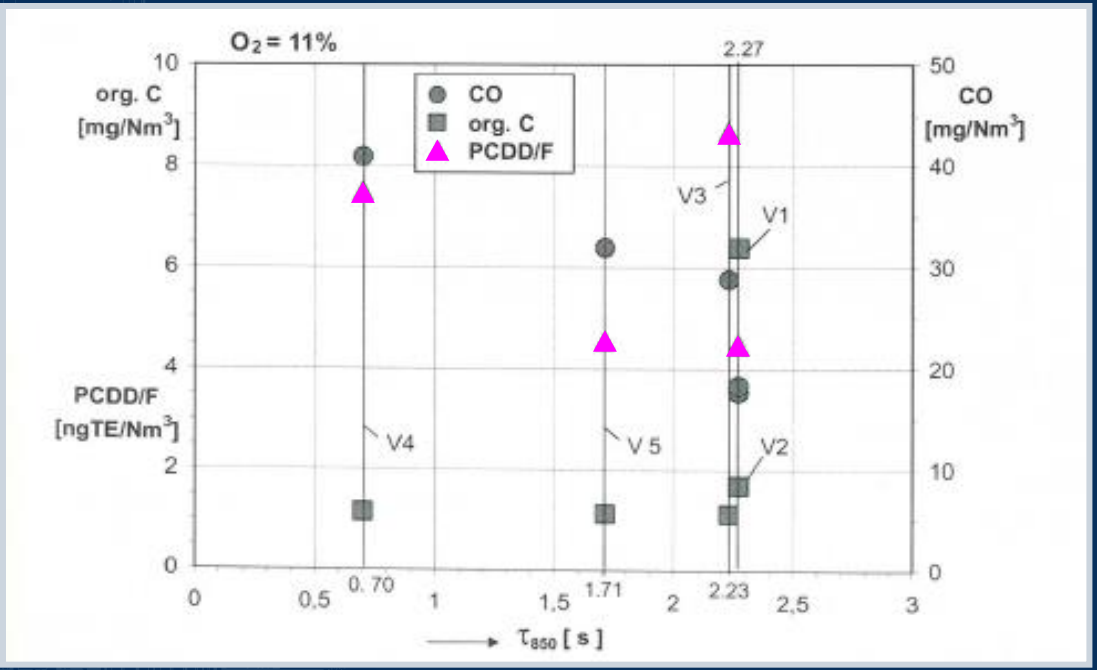
2,3,7,8-TCDF
Tetra-Chlor-Dibenzofuran

Schmelzpunkte	105 – 330 °C
Siedepunkte	315 – 510 °C
Anzahl Kongenere	PCDD 75, PCDF135

Toxizitätsäquivalente:

2,3,7,8-	Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)	1
1,2,3,7,8-	Pentachlordibenzodioxin (PeCDD)	0,5
1,2,3,4,7,8-	Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9-	Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1
1,2,3,6,7,8-	Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,6,7,8-	Heptachlordibenzodioxin (HpCDD)	0,01
1,2,3,4,5,6,7,8-	Octachlordibenzodioxin (OCDD)	0,001
2,3,7,8-	Tetrachlordibenzofuran (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8-	Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,5
1,2,3,7,8-	Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,05
1,2,3,4,7,8-	Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9-	Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8-	Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8-	Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,4,6,7,8-	Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9-	Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,5,6,7,8-	Octachlordibenzofuran (OCDF)	0,001

Ergebnisse VGB-Forschungsberichte



V. - Nr.	Messtag	Parameter	Versuch	$\dot{V}_2$	λ (Rohgas)	T_1 (Eingang NBZ)
1	29.11.1999	$\frac{\dot{V}_1+\dot{V}_2}{\dot{M}} = \text{var.}$	$\frac{(\dot{V}_1+\dot{V}_2)_{TL}}{\dot{M}_{TL}}$	>0	klein	höher
2	30.11.1999	$\frac{\dot{V}_1+\dot{V}_2}{\dot{M}} = konst.$	$\frac{(\dot{V}_1+\dot{V}_2)_{TL}}{\dot{M}_{TL}}$	>0	normal	normal
3	01.12.1999	$\frac{\dot{V}_1+\dot{V}_2}{\dot{M}} = konst.$	$\frac{(\dot{V}_1+0)_{VL}}{\dot{M}_{VL}}$	=0	normal	höher
4	02.12.1999	$\frac{\dot{V}_1+\dot{V}_2}{\dot{M}} = \text{var.}$	$\frac{(\dot{V}_1+\dot{V}_2)_{TL}}{\dot{M}_{TL}}$	>0	groß	tiefer
5	03.12.1999	$\frac{\dot{V}_1+\dot{V}_2}{\dot{M}} = konst.$	$\frac{(\dot{V}_1+\dot{V}_2)_{VL}}{\dot{M}_{VL}}$	>0	normal	normal

Definitionen:
- $\dot{M}$ Müllstrom
- $\dot{V}_1$ Primärluft
- $\dot{V}_2$ Sekundärluft

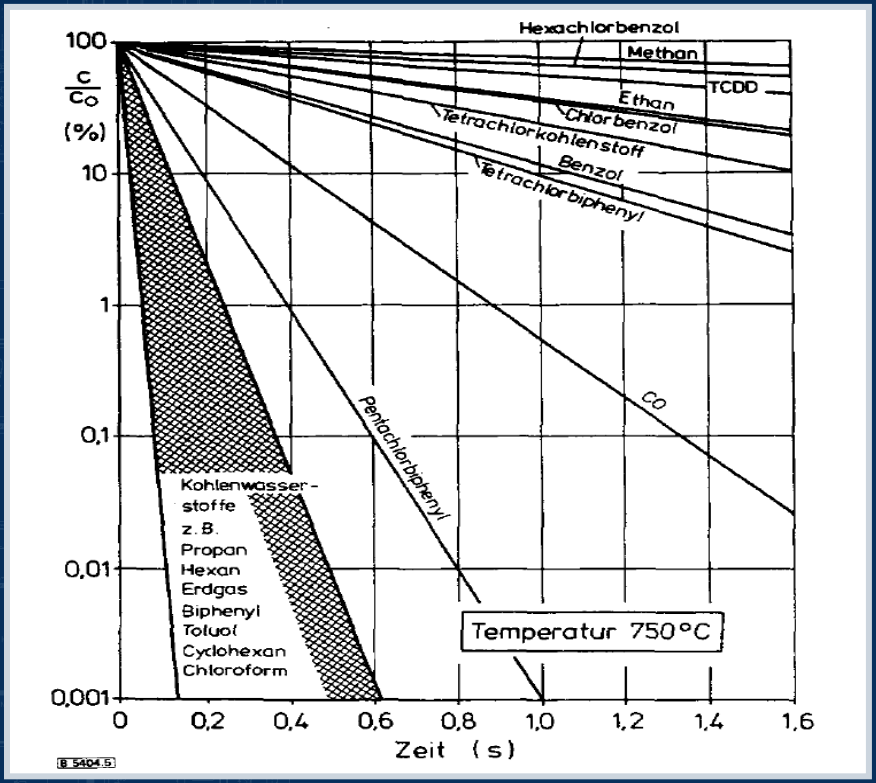
Indices:
- $_{VL}$ Volllast
- $_{TL}$ Teillast

ETE e.V. ENVERUM Qonversion
ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.

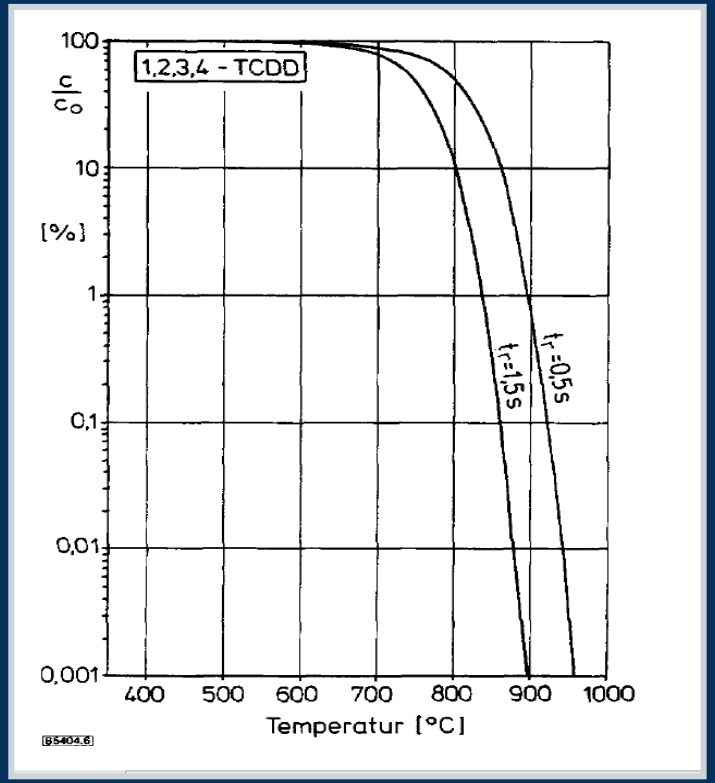
Literatur

Beispiel: [Hasberg 1988 Organische Spurenschadstoffe]

„Leitgröße CO“



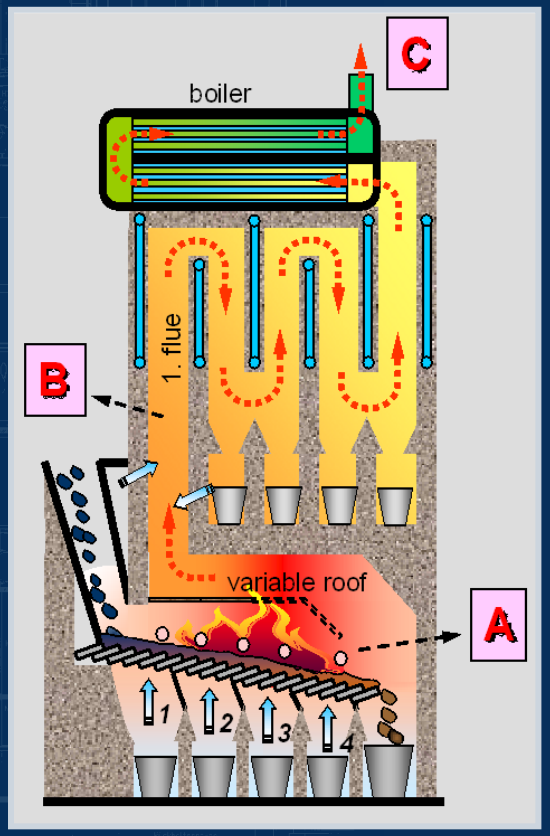
Verweilzeit und Temperatur

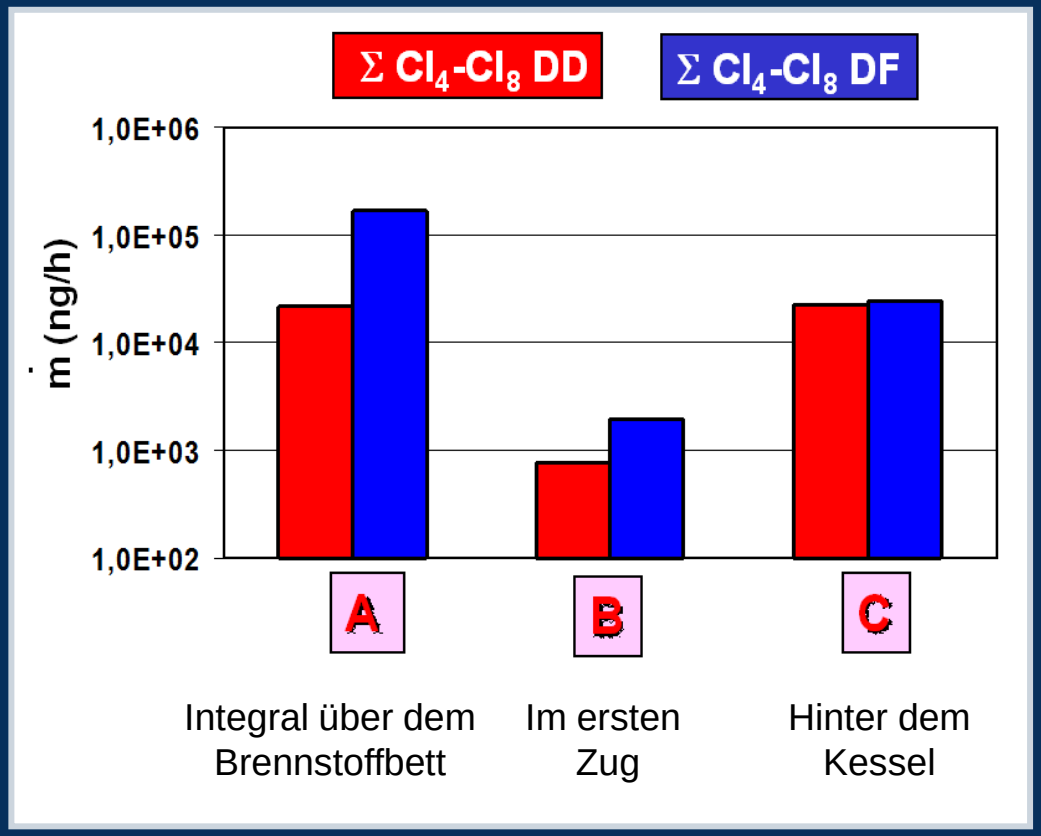


Literatur

Beispiel: [Hunsinger, Forschungszentrum Karlsruhe 2000]

PCDD/F-Massenströme in der Feuerung



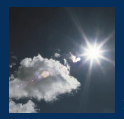


VDI 3460

Sachverhalte

- PCDD/F im Reingas entstammen im Wesentlichen der de-Novo Synthese in den Ablagerungen im hinteren Teil des Dampferzeugers.
- Erhöhte Halogengehalte – Cl wie auch Br – erhöhen bei gutem Ausbrand die PCDD/F-Bildung nicht.
- PCDD/F mit hohem Furananteil werden im Feuerraum gebildet, bei vollständigem Gasausbrand aber dort auch zerstört.

  Flugaschen mit niedrigem TOC-Gehalt (< 1%) haben geringeres Adsorptionsvermögen für PCDD/F.
- Permanent hohes Verhältnis von S zu Cl in den Flugstäuben reduziert die PCDD/F-Bildung



VDI 3460

Primärmaßnahmen zur Minderung der PCDD/F-Neu-Bildung

- Stationäre Bedingungen
- Guter Ausbrand im Feuerraum
- Effizienter Abgasausbrand, insbesondere mit niedrigen TOC-Konzentrationen in Flugascheablagerungen reduzieren PCDD/F-Bildung im Rohgas und den festen Reststoffen
- Staubabscheidung bei Temperaturen unterhalb 200 °C
- Durch Erhöhung der SO_2-Konzentration im Abgas wird durch Sulfatierungsreaktionen der Chloridgehalt in der Flugasche vermindert, wodurch die PCDD/F-Bildung reduziert wird [Hunsinger et al. 2007].
- Minderung von Flugascheablagerungen im Temperaturbereich 200 – 500°C (effiziente Kesselreinigung)

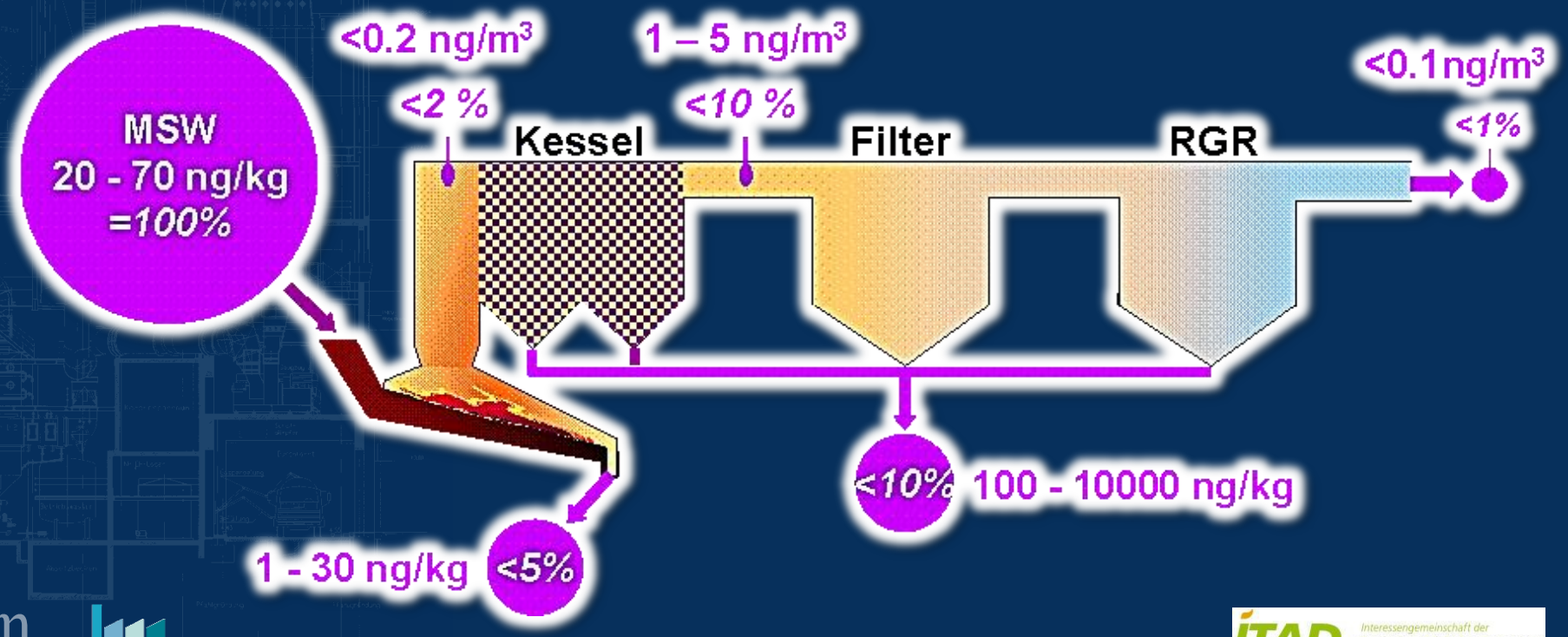
VDI 3460

Sekundärmaßnahmen zur Minderung der PCDD/F Emission

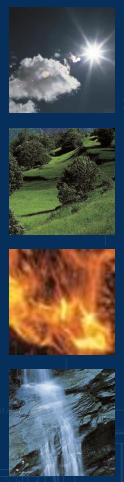
- Staubabscheidung
- Katalytische Verfahren
- Katalytische Filtermaterialien
- Flugstromverfahren
- Wanderbett-Adsorber
- Nasswäscher
- Kohlenstoffsuspension in Nasswäschern

PCDD/F-Profil in der MVA
[Vehlow 2006]

→Durch de-Novo Synthese wird PCDD/F-Gehalt **nach** 850°C-2 sec-Zone **um den Faktor 5 – 25 erhöht!**



ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.

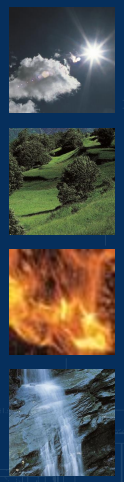


Betrachtete Praxisbeispiele

Vorgehen ←

Ergebnis & Bewertung

ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.



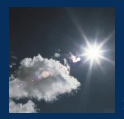
Vorgehen

Vergleich PCDD/F-Konzentrationen vor und nach Umbaumaßnahmen, durch die die VWZ oder Temperatur beeinflusst wurden.

→ Messungen für behördliche Abnahme

Betrachtung der

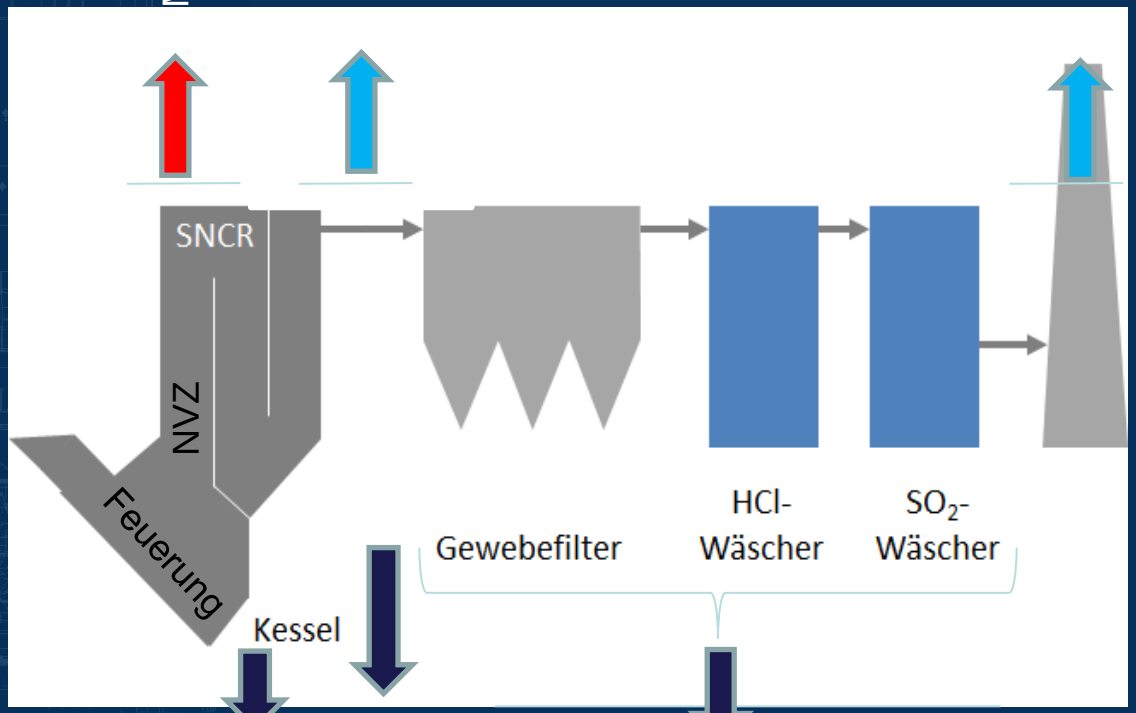
- Geometrischen Randbedingen (Mittel- Gegenstrom…)
- Feuerungsbedingungen (O_2, Verweilzeit, Temperatur usw.)
- Konzentrationen/ Frachten der Stoffströme
- Roh-und Reingas
- Rostasche
- Kesselasche
- Flugstaub
- Reststoffe aus der AGR

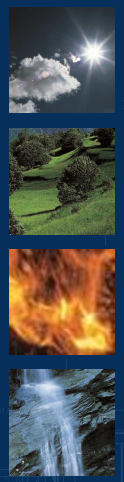


Anlagendaten im Überblick

Anlage	Feuerung	AGR	Temperatur NVZ [°C]	VWZ NVZ [S]	O_2-Gehalt Rohgas [Vol.-%]	O_2-Gehalt Reingas [Vol.-%]	Konzentration in der Gasphase		Konzentration in der festen Phase	
A	Gleichstrom-feuerung	Sprühabsorber E-Filter Koksfiler DeNOx-Kat	Variation von 750 – 850	> 2s	-	11,3 – 12,9	nach Kessel Kamin	X X	Kesselasche Filterasche AGR Altkoks	X X X
B	Mittelstrom-feuerung	SNCR Trockensorption mit GWF Wäscher	Linie 1: 760 – 880 Linie 2: 766 – 909	> 2s	Linie 1: 6,1 – 8,6 Linie 2: 5,8 – 8,3	-	nach Kessel Kamin	X X	Kesselasche Filterasche AGR	X X
C	Mittelstrom-feuerung	SNCR Trockensorption mit GWF Wäscher Trockensorption mit GWF	Linie 1: 770 – 944 Linie 2: 758 – 953	> 2s	-	keine Angaben	nach Kessel Kamin	X X		
D	Gegenstrom-feuerung	SNCR Sprühtrockner E-Filter Wäscher Trockensorption mit GWF	> 850	Reduktion von 3,8 auf 2,7	-	11,0 – 12,2 11,0 – 12,3	nach Kessel Kamin	-- X	Filterasche AGR	X
E	Mittelstrom-feuerung	SNCR Zyklon Sprühabsorber Trockensorption mit GWF	Linie 1: > 850 Linie 2: > 800	> 2s	-	Linie1: 10,5 – 11,5 Linie 2: 11,2 – 12,4	nach Kessel Kamin	-- X	Flugstaub Filterasche AGR	X X
F	Mittelstrom-feuerung	E-Filter Wäscher DeNOx-Kat Trockensorption mit GWF	Linie 1: > 800 Linie 2,3: > 850	Linie 1: > 0,5 Linie 2,3: > 2	-	unverändert[1)] ???	nach Kessel Kamin	-- X	Filterasche AGR	X

ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.


Messung Temperatur NVZ
Messung Konzentration nach Kessel [Rohgas]
Messung Konzentration Kamin [Reingas]
SNCR
NVZ
Feuerung
Kessel
Gewebefilter
HCl-Wäscher
SO_2-Wäscher
Kesselasche
Flugstaub
Reststoffe AGR (Filterasche, Altkoks)

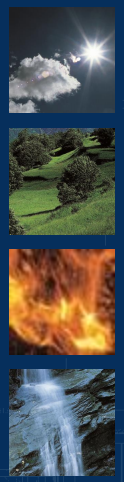


Vorgehen

- Auswertung für fünf der sechs Anlagen
  → eine Anlage ungeeignet,
  da Umbau ohne Auswirkung auf Feuerungsbedingungen

- Für drei Anlagen liegen Messwerte direkt nach Kesselende vor
  → Zerstörung im Kessel und
  de-Novo Synthese sind messtechnisch nicht zu unterscheiden

- Für zwei Anlagen liegen Messwerte am Kamin vor
  → zusätzlicher Einfluss der Abgasreinigung



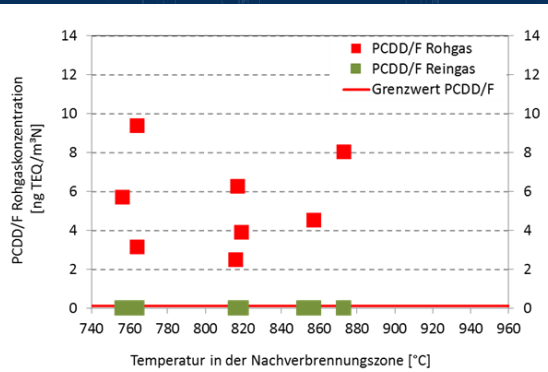
Betrachtete Praxisbeispiele

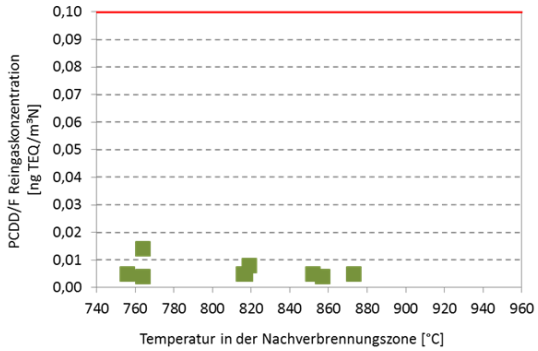
Vorgehen

Ergebnis & Bewertung ←

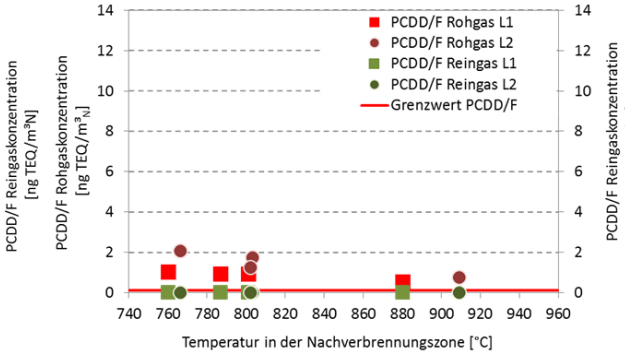
PCDD/F-Messungen Rohgas (nach Kessel) und Reingas (Kamin)

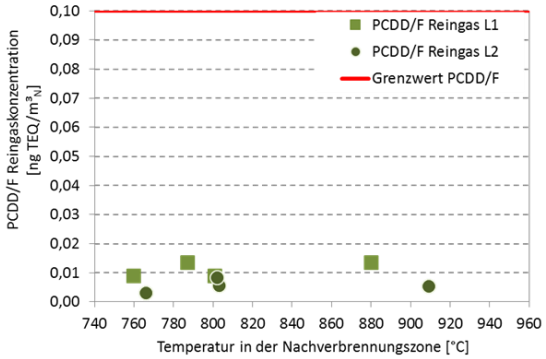
Anlage A



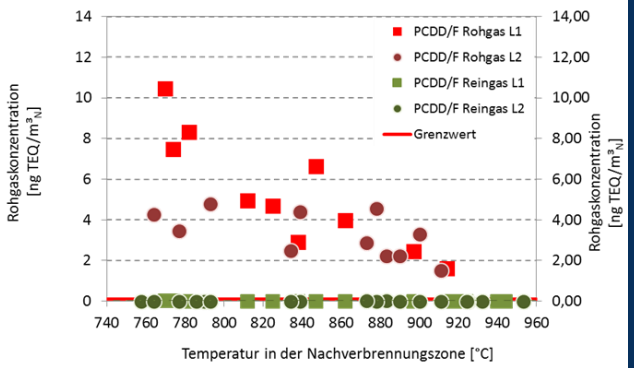


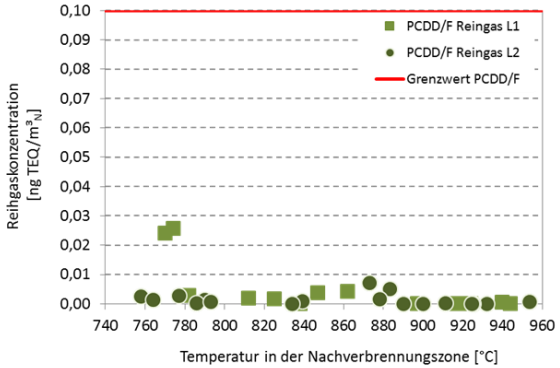
Anlage B





Anlage C





PCB / PAK – Messungen Rohgas (nach Kessel) und Reingas (Kamin)

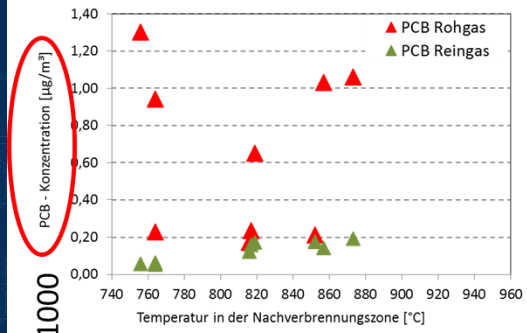
Anlage A

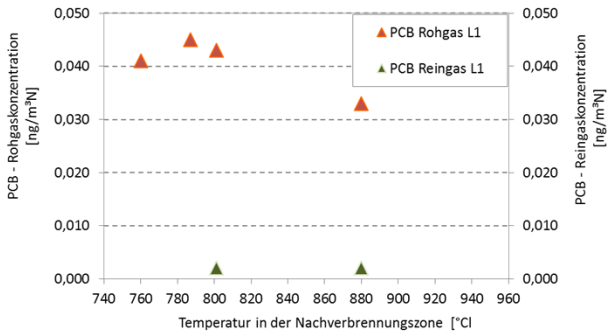
Anlage B

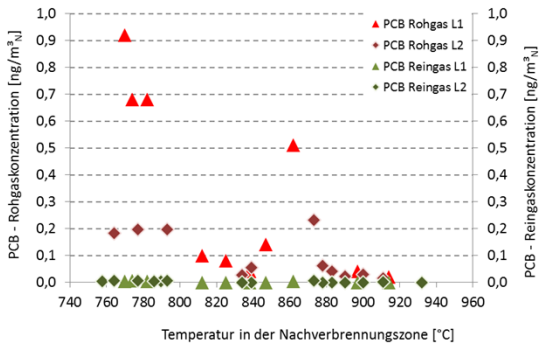
Anlage C

PCB

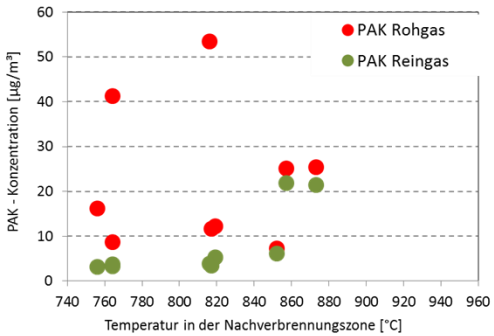
Faktor 1000

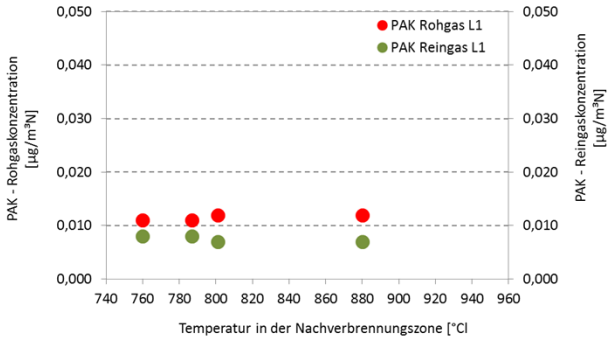


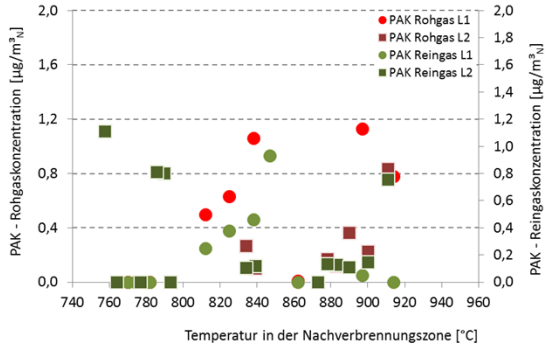




PAK

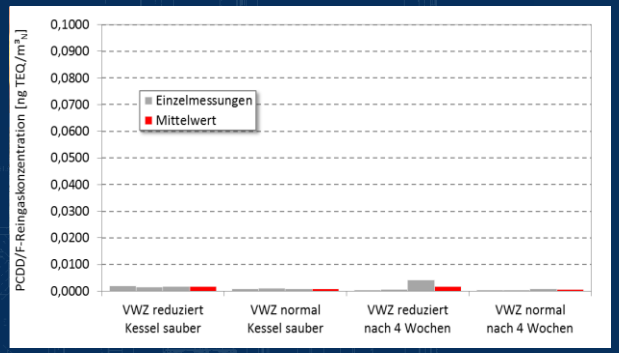




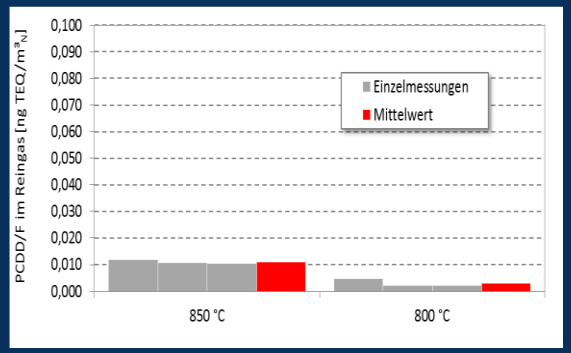


PCDD/F-Messungen im Reingas (Kamin)

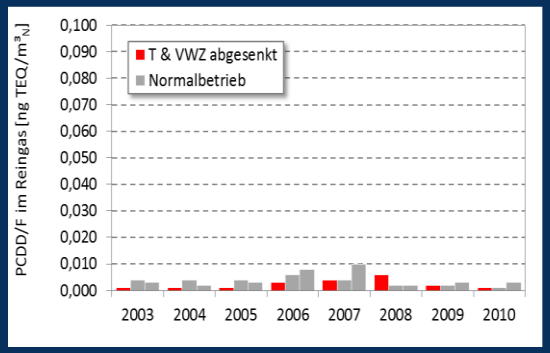
Anlage D



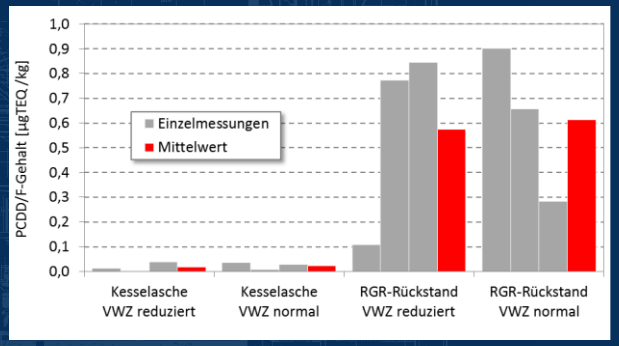
Anlage E

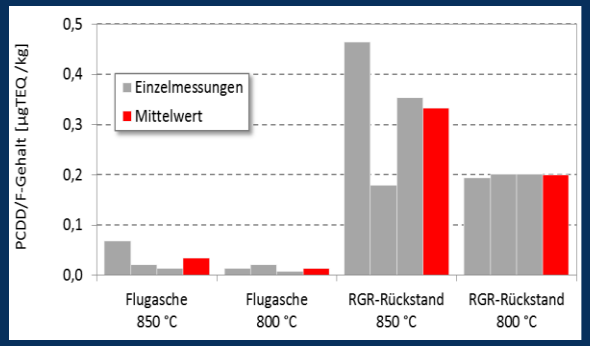


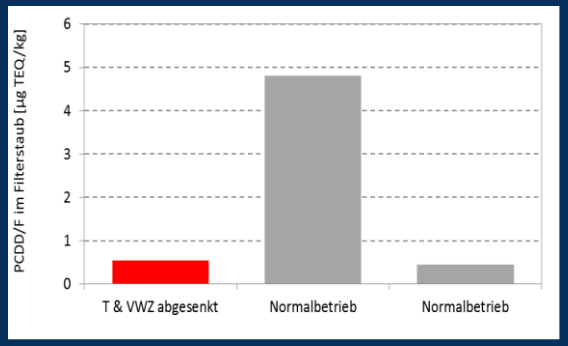
Anlage F

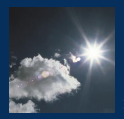


PCDD/F-Analysen von Aschen, RGR-Rückständen und Altkoks

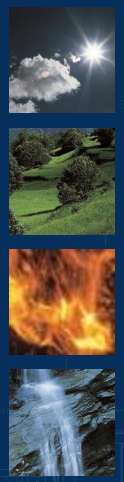








Fazit



Fazit

- Literatur

  Der Einfluss der de-Novo Synthese ist um ein Vielfaches größer als eine verminderte Zerstörung durch Reduktion von VWZ oder Temperatur im Feuerung/Kessel

- Praxisanlagen

  Die vorliegenden Messungen bestätigen die gewonnen Erkenntnisse aus der Literatur

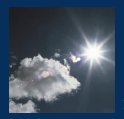
  → Daher sind Maßnahmen zur Abschwächung der de-Novo Synthese (z.B. schnelles Abkühlen, Staubminimierung) effektivere Werkzeuge als die 850 °C-2 sec-Regel

- Über die hoch effizienten Abgasreinigungsverfahren werden die geforderten Emissions-Grenzwerte weit unterschritten und tragen somit zu einer PCDD/F-Senke des Stoffkreislaufes bei.

Vielen Dank!

ete.a

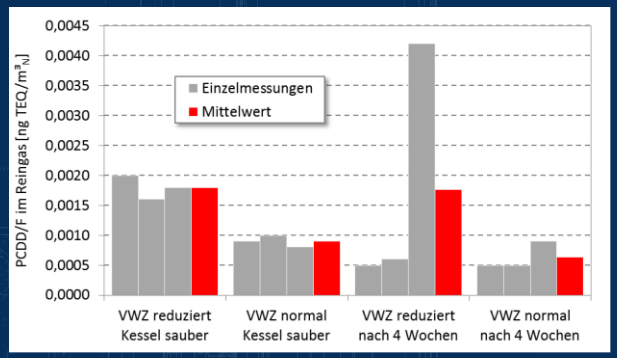
ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.



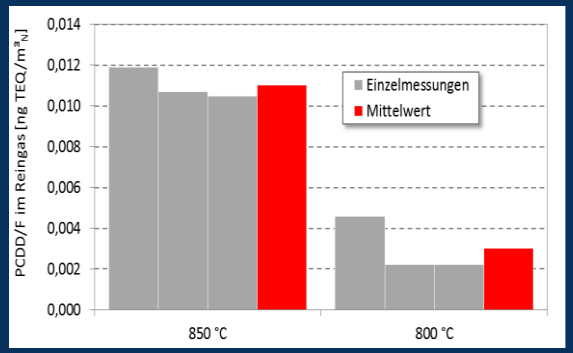
Back up

PCDD/F-Messungen im Reingas (Kamin)

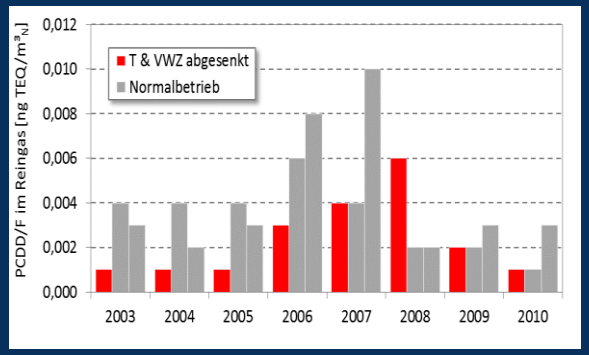
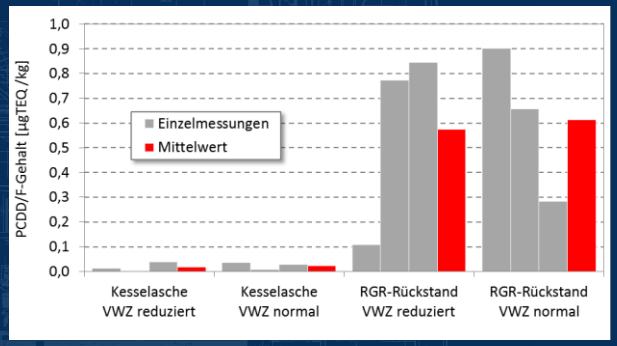
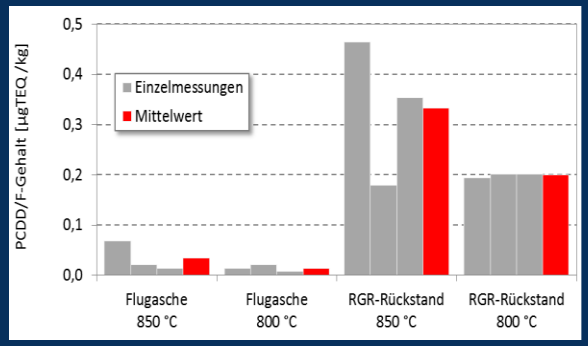
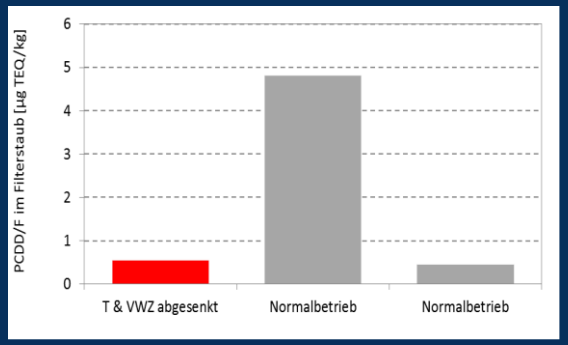
Anlage D



Anlage E



Anlage F



PCDD/F-Analysen von Aschen, RGR-Rückständen und Altkoks