

FORSCHUNGSBERICHTSBLATT

zum Vorhaben

Gas-/Partikel - Wechselwirkung chlorierter Aromaten in der Müllverbrennung

Förderkennzeichen: BWD 99001

1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Gegenstand des abgeschlossenen Vorhabens war die experimentelle und modelltheoretische Untersuchung der Gas-/Partikel-Verteilung polychlorierter Dibenzodioxine und -furane im Abgas von Müllverbrennungsanlagen. Ziel ist es, durch Optimierung der Betriebsbedingungen die Bildung dieser Schadstoffe zu reduzieren und ihre Einbindung in die Partikelphase zu erhöhen. Dies führt zu einer kostengünstigeren Rückhaltung von PCDD/PCDF.

Im Rahmen des Vorhabens wurden der neue Versuchsstand AEOLA, die Partikelmeßtechnik und die Dioxinanalytik aufgebaut und Grundlagenexperimente durchgeführt. Als Referenzpartikel dienten fraktionierte Flugstäube ($d < 20 \mu\text{m}$) aus der Versuchsanlage TAMARA sowie aus den Müllverbrennungsanlagen Stuttgart und Mannheim. Als Referenzaromat diente ein nicht toxisches Dioxin (1,2,3,4,6,9 – HxCDD) mit mittlerem Dampfdruck. Bekannte Mengen Staub und Dioxin wurden an der Versuchsanlage AEOLA getrennt in einen (beheizten) Luft- bzw. Rauchgasstrom eindosiert und die sich einstellende Gas-/Partikel-Verteilung wurde im Temperaturbereich 25 - 200 °C gemessen. Es ergab sich, daß die Verteilung des HxCDD zwischen Gas- und Partikelphase von der Temperatur, dem Kohlenstoffgehalt der Partikel und der verfügbaren Partikeloberfläche (Porosität) abhängt. Bei geringem Kohlenstoffgehalt (0.1 - 0.3 Gew.-%) nimmt der gasförmige Anteil mit steigender Temperatur zu, und die Adsorptionenthalpie liegt im Bereich 40 - 50 kJ/mol. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt (ca. 1 Gew.-%) nimmt der partikelförmige Anteil zu, und die Temperaturabhängigkeit wird kleiner. Bisher liegen zu wenige vergleichbare Daten von realen MVA's vor, um quantitative Vergleiche, insbesondere über ein größeres Kongenerenspektrum ziehen zu können.

Der vorhandene Aerosolcode wurde um ein Modell für die Adsorption gasförmigen Dioxins an die Partikel erweitert. Mit Hilfe des Modells wurde abgeschätzt, daß unter üblichen MVA - Bedingungen mehrere hundert ng PCDD/PCDF pro Nm^3 und sec auf die Partikeloberfläche diffundieren können. Demgegenüber beträgt die Quellstärke für PCDD/PCDF nach Literaturdaten im Dauerbetrieb nur etwa $20 \text{ ng/Nm}^3 \cdot \text{sec}$. Die Partikel haben somit ein hohes Potential als PCDD/PCDF - Senke. Nach den hier vorliegenden Ergebnissen und entsprechenden Literaturdaten beträgt die Einbindung der PCDD/PCDF in die Partikelphase etwa 10 - 50 % der Quellstärke. Es bestehen gute Chancen, daß sich dies im Parameterfeld Kohlenstoffgehalt - Temperatur - verfügbare Oberfläche optimieren läßt.

Darüberhinaus wurde aufgrund der Meßergebnisse ein Filtercode entwickelt, mit dem sich die Änderung der Gas-/Partikel-Verteilung beim Durchtritt des Aerosolstroms durch Gewebefilter berechnen läßt. Dies entspricht der Situation in der experimentellen Partikelprobenahme und im primären Partikelabscheider vieler kommunaler MVA's.

2. Fortschritte für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse

Zum ersten Mal wurde die Gas-/Partikel-Verteilung eines Leitkongeners unter bilanzierbaren Versuchsbedingungen in Abwesenheit von Störungen durch chemische Reaktionen untersucht. Daher konnten die wesentlichen Parameter identifiziert werden, von denen die Gas-/Partikel-Verteilung des Leitkongeners abhängt: Temperatur, Kohlenstoffgehalt der Partikel und verfügbare Partikeloberfläche bzw. Porosität der Partikel. Für das Leitkongener wurden die Abhängigkeiten erstmals quantitativ herausgearbeitet. Für die übrigen PCDD/PCDF werden ähnliche Zusammenhänge erwartet.

Durch die Meßergebnisse konnten validierte Aerosol- und Filtercodes zur Beschreibung der Gas-/Partikel-Verteilung des Leitkongeners im gasgetragenen Zustand und am Filterkuchen von Gewebefiltern bereitgestellt werden. Damit ist die physikalische Seite der Gas-/Partikel-Wechselwirkung abgedeckt. Darüberhinaus ist zwischenzeitlich ein Kinetikmodell für die de-novo Synthese von PCDD/PCDF entwickelt worden, das mit Hilfe umfangreicher experimenteller Datensätze validiert wurde. Insgesamt stehen somit wesentliche neue Werkzeuge zur Verfügung, mit deren Hilfe sich die Gas-/Partikel-Verteilung von PCDD/PCDF unter realen Bedingungen in kommunalen MVAs modellieren und interpretieren lassen. Die gleichen Werkzeuge werden außerdem benötigt, um das Verhalten der Gas-/Partikel-Verteilung während der experimentellen Probenahme schlüssig zu interpretieren. Dadurch wird es erstmals möglich, Änderungen, die durch die Probenahme entstehen (d.h. Filterartefakte), zu erkennen und quantitativ zu bewerten. Dies bedeutet einen wesentlichen Fortschritt für die Messung der Gas-/Partikel-Verteilung von PCDD/PCDF und anderen Spurenstoffen.

3. Empfehlungen für die Praxis

Die Ergebnisse zeigen, daß Flugstäube im Abgas von Müllverbrennungsanlagen ein inhärentes Potential zur Rückhaltung von PCDD/PCDF besitzen, das bisher nur teilweise zur Emissionsminderung genutzt wird. Die Untersuchungen haben darüberhinaus zu einer neuen Meßmethode für die Gas-/Partikel-Verteilung von PCDD/PCDF und anderen Spurenstoffen geführt. Dabei werden die bisherigen Meßtechniken geringfügig geändert und durch eine neue Auswertung ergänzt, die auf den Werkzeugen Aerosolcode, Filtercode und Kinetikmodell beruht. Es wird empfohlen, die neue Meßmethode in der Praxis an kommunalen Müllverbrennungsanlagen zu erproben und zu verifizieren. Daraus sind neue Erkenntnisse zur Gas-/Partikel-Verteilung von PCDD/PCDF unter praxisrelevanten Bedingungen zu erwarten. Somit ergeben sich im Parameterfeld Temperatur - Kohlenstoffgehalt - Partikeloberfläche Hinweise auf optimierte Betriebsbedingungen, die zu einer Kostenreduzierung für die Vermeidung und Verminderung von PCDD/PCDF - Emissionen führen.

gez. Dr. H. Mätzing
FZK, ITC - TAB
22.03.2001