

## **Belastung der Umwelt durch atmosphärischen Eintrag von Emissionen aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen**

M. Swerev<sup>a</sup>, H. Nordsieck<sup>a</sup>, V. Pawlik<sup>a</sup>, J. Tränkle<sup>a</sup>, G. Dörr<sup>b</sup>, M. Hippelein<sup>b</sup>, H. Kaupp<sup>b</sup> und O. Hutzinger<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Bayerisches Institut für Abfallforschung, BifA GmbH, Augsburg

<sup>b</sup> Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Ökologische Chemie und Geochemie

### **Einleitung**

Neue Hausmüllverbrennungsanlagen in Deutschland müssen seit Dezember 1990 die Grenzwerte der 17. Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (17. BImSchV) erfüllen, während für Altanlagen Übergangsregelungen gelten. Die Grenzwerte, die in dieser Verordnung vorgeschrieben werden, entsprechen dem Stand der Technik der Rauchgasreinigung zum Zeitpunkt des Inkrafttretens.

Um die Belastung der Umwelt durch atmosphärischen Eintrag von Emissionen aus modernen thermischen Abfallbehandlungsanlagen, die die 17. BImSchV erfüllen, zu untersuchen, wird eine Langzeitstudie an zwei Anlagen in Bayern (Augsburg und Burgkirchen) durchgeführt. Das Ziel dieser Studie ist der Vergleich der Immissionssituation im Umfeld vor und nach Inbetriebnahme dieser Anlagen. Die lokale Immissionssituation wurde dazu während des Baus der Anlagen untersucht. Das Monitoring wird ca. 18 Monate nach Inbetriebnahme der Anlagen weitergeführt. Im Umfeld der Anlagen werden dazu kontinuierlich Staub und absorbierbare organische Komponenten gesammelt. Diese Proben werden auf 21 Elemente (hauptsächlich Schwermetalle), polychlorierte Benzole (PCBz), polychlorierte Phenole (PCPh), polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Naphthaline (PCN), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht.

Der zusätzliche Eintrag von organischen Schadstoffen und Schwermetallen durch den Betrieb von modernen thermischen Abfallbehandlungsanlagen ist erwartungsgemäß sehr gering. Um den möglichen zusätzlichen Eintrag zu bestimmen, wird versucht, mit Hilfe von chemometrischen Methoden wie *Chemical Mass Balance (CMB)*<sup>1,2)</sup>, *Hauptkomponentenanalyse* und *Faktoranalyse*<sup>1,3)</sup> den unterschiedlichen Anteil am Eintrag aus den verschiedenen Quelle zu erfassen. Dazu werden neben den Emissionsmustern des Reingases der Abfallbehandlungsanlagen die Emissionsmuster von anderen Quellen (z.B. der Kraftfahrzeugverkehr und Hausfeuerungen, die mit Holz, Kohle, Öl und Gas betrieben werden) untersucht. Daneben wird eine windrichtungsabhängige Probenahmestation für die Identifizierung und Charakterisierung von Quellen eingesetzt<sup>4)</sup>. Der Eintrag durch Langstreckentransport von Schadstoffen wird durch je eine Hintergrundmeßstation, die jeweils ca. 20 Kilometer von den entsprechenden thermischen Abfallbehandlungsanlagen entfernt sind, erfaßt.

### **Experimenteller Teil**

Für diese Untersuchung wurden zwei Anlagen ausgewählt, die in unterschiedlichen Regionen Bayerns liegen. Die erste Anlage ist die thermische Abfallbehandlungsanlage in Augsburg, die in einem städtischen Umfeld liegt, die zweite Anlage ist die thermische Abfallbehandlungsanlage in Burgkirchen, die in einer ländlichen Gegend angesiedelt ist. Man muß dabei aber berücksichtigen, daß im Umfeld der Anlage in Burgkirchen verschiedene Chemieanlagen, zwei Ziegeleien, eine Ö raffinerie und eine Aluminiumhütte im Abstand von einem bis zwanzig Kilometer liegen.

Der Standort der Immissionsmeßstationen wurde auf Basis der Ausbreitungsrechnung mit dem Modell AUSTAL<sup>5)</sup> und unter Berücksichtigung der lokalen Topographie und verschiedener Randbedingungen festgelegt. Dabei wurde größter Wert darauf gelegt, lokale Gegebenheiten auszuschließen, die die Messungen beeinflussen könnten. Die Immissionsmeßstationen basieren auf einer früheren Entwicklung<sup>6,7)</sup> und wurden fortentwickelt und modifiziert im Hinblick auf die Vermeidung von Blindwerten, auf die Einfachheit der Handhabung im Dauereinsatz und die Robustheit (zum Patent angemeldet)<sup>8)</sup>. Abbildung 1 zeigt das Schema des Sammelkopfs für organische Komponenten.

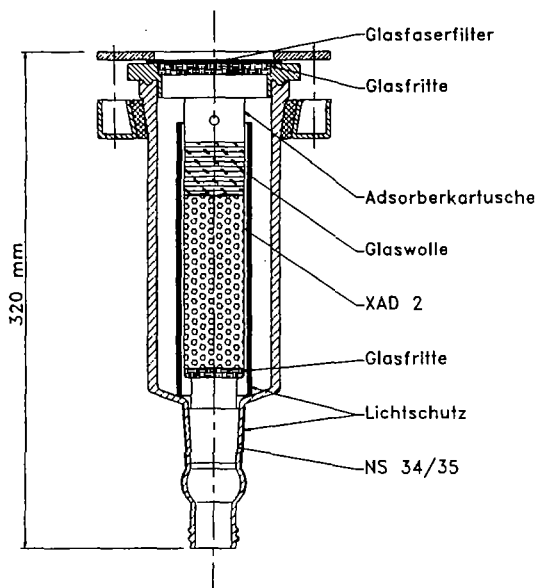


Abbildung 1: Schema des Sammelkopfs für organische Komponenten

Beim Sammelkopf für Staub zur Bestimmung von Schwermetallen und anderen Elementen wird auf die Adsorberkartusche verzichtet und statt des Glasfaserfilters ein Quarzfaserfilter verwendet. Die Filter werden alle 2 Wochen gewechselt (Sammelvolumen ca.  $700 \text{ Nm}^3$ ), die Adsorberkartuschen werden alle 6 Wochen gewechselt entsprechend einem gesammelten Volumen von ca.  $2000 \text{ Nm}^3$ .

Die staubbeladenen Quarzfaserfilter werden für die Bestimmung der Schwermetalle mit AAS und ICP-OES nach vollständigem, mikrowellenunterstütztem Aufschluß mit einer  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HF}$ -Mischung untersucht. Für die Bestimmung der organischen Komponenten und ihrer Gasphasen/Partikelverteilung werden die Filter und Adsorberkartuschen getrennt extrahiert und nach selektivem Cleanup mit HPLC, GC und GC/MS untersucht.

## **Ergebnisse**

Die detaillierten Ergebnisse des Monitorings vor Inbetriebnahme der Anlage in Augsburg sind bereits veröffentlicht worden<sup>9)</sup>. Im Lauf der einjährigen Untersuchung wurden räumliche Differenzen und saisonale Schwankungen der Konzentrationen der untersuchten Verbindungen bestimmt. Z.B. sind die PCDD/F Konzentrationen um einen Faktor 10 im Winter höher als im Sommer, während die PCB Konzentrationen im Sommer um einen Faktor 4 höher liegen. Dies wurde der Emission von PCDD/F durch Hausfeuerungen im Winter und den geänderten klimatischen Bedingungen (Häufigkeit der Inversionswetterlagen) zugeschrieben, während die PCB vermutlich aus diffusen Quellen stammen und bevorzugt bei höheren Temperaturen transportiert werden.

Das Immissionsmeßnetz hat gezeigt, daß es in der Lage ist, auch Punktquellen von PCDD/F zu erfassen. Eine der Immissionsmeßstationen in Augsburg zeigte sowohl ständig leicht erhöhte Konzentrationen an PCDD/F als auch Unterschiede im Chlorhomologen-Profil und im Chlorhomologen-Muster. Mit Hilfe einer windrichtungsabhängigen Immissionsmeßstation konnte die Quelle ansatzweise zugeordnet werden.

Das Monitoring in Burgkirchen zeigte insgesamt niedrige Konzentrationen, die Summe PCDD/F lag zwischen 200 und 3000 fg/m<sup>3</sup> bzw. 7,5 und 51 fg/m<sup>3</sup> I-TEQ, was ungefähr der Hälfte der im Augsburger Meßnetz beobachteten Konzentrationen entspricht. Die räumliche Verteilung innerhalb des Sammelnetzes in Burgkirchen hat sich als sehr homogen erwiesen. Der zeitliche Verlauf der PCDD/F-Konzentrationen wird primär durch die jahreszeitlichen Schwankungen bestimmt. In Abbildung 2 ist der jahreszeitliche Verlauf der PCDD/F-Konzentrationen im Meßnetz Augsburg 92/93 und Burgkirchen 94/95 gegenübergestellt. Nach dem Start der Müllverbrennungsanlage in Burgkirchen konnte bisher keine Veränderung in der räumlichen Verteilung der Konzentrationen beobachtet werden. Die weiterhin gleichmäßige räumliche Verteilung kann der Tatsache zugeschrieben werden, daß der primäre Input weiterhin durch diffuse Quellen, wie Hausheizungen, Verkehr und Ferntransport verursacht wird. Bis jetzt konnte kein Einfluß der Emissionen der Müllverbrennungsanlage hinsichtlich der PCDD/F Konzentrationen festgestellt werden.

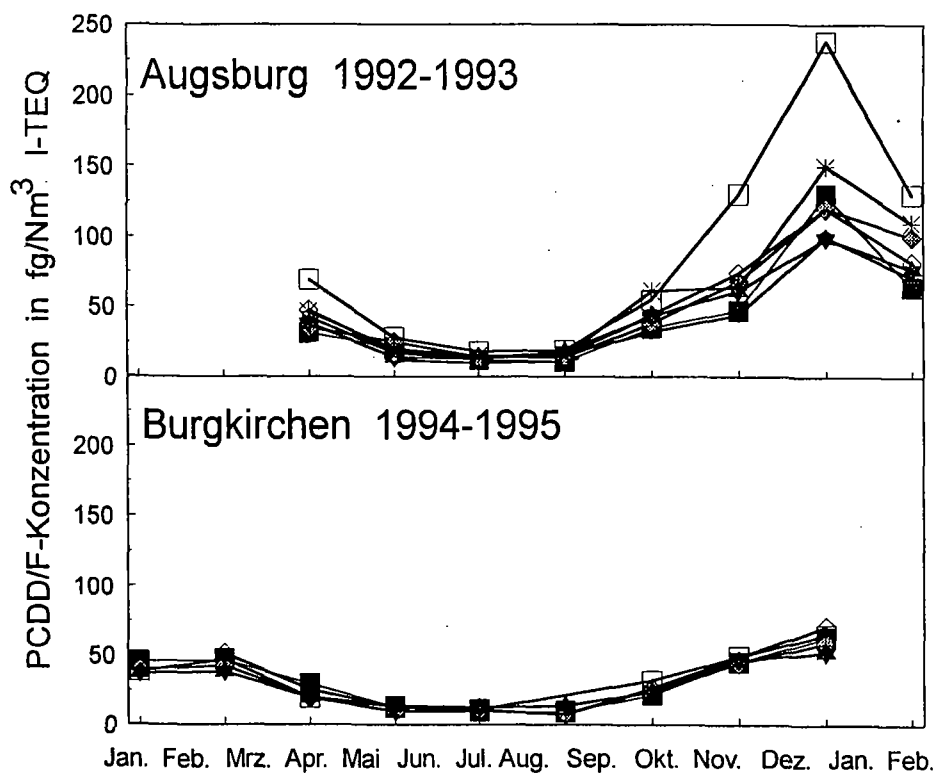


Abbildung 2: Jahreszeitlicher Verlauf der Konzentration der PCDD/F in I-TEQ in den Meßnetzen Augsburg und Burgkirchen.

### Diskussion

Das Immissionsmeßnetz hat bewiesen, daß es in der Lage ist, den Einfluß von Emittenten zu charakterisieren und sogar Punktquellen in der beobachteten Fläche zu entdecken, die dann mit Hilfe der windrichtungsabhängigen Probennahmestation identifiziert werden können. Weiteres Monitoring und die Auswertung der Daten im Hinblick auf die Konzentrationen von Schwermetallen, PCB, PCN und PAK wird noch detailliertere Einblicke in die Auswirkungen der Emissionen in thermischen Abfallbehandlungsanlagen erlauben. Im Moment wird versucht, mit Hilfe chemometrischer Methoden, die auch die Erken-

nung sehr niedriger Einträge eines Emittenten zulassen, den Beitrag verschiedener Quellen zur Immissionssituation zu ermitteln.

Es ist beabsichtigt, die Ergebnisse des Monitorings an beiden Anlagen mit Daten von Ausbreitungsmodellen zu korrelieren, die weit über AUSTAL-Rechnungen hinausgehen. Das verwendete Modell wird die Topographie sowie Trocken- und Naßdeposition berücksichtigen und basiert auf der K-ε-Theorie zur Beschreibung von turbulenten Strömungen<sup>10)</sup>.

### **Danksagung**

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen für die finanzielle Förderung dieses Projekts.

Wir bedanken uns für die sorgfältige Durchführung der experimentellen Arbeiten bei H. Barth, S. Hofbauer und W. Lohner sowie für die technische Unterstützung bei M. Hertel und A. Raudonat.

### **Literatur**

1. Sweet, C. W., Vermette, S. J., Landsberger, S. 1993. Sources of Toxic Trace Elements in Urban Air in Illinois, *Environ. Sci. Technol.*, 27, 2502-2510
2. Kamens, R. M., Li, C. K. 1993. The Use of PAH as Source Signatures in Receptor Modeling, *Atmos. Environ.*, 27A, 523-532
3. Masclet, P., Pistikopoulos, S., Beyne, S., Mouvier, G. 1988. Long Range Transport and Gas/Particle Distribution of PAH at a Remote Site in the Mediterranean Sea, *Atmos. Environ.*, 22, 639-650
4. Dörr, G., Schwotzer, T., Wildanger, H.-J., Hutzinger, O., Swerev, M., Nordsieck, H. 1995, 15th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds, 21.-25. August, Edmonton, Canada
5. AUSTAL: Gaussian Dispersion Model according to TA Luft (Technical Guideline for Air Pollution Control) 27.2.1986, GMBI 1986: 95 ff

6. Hippelein, M., Kaupp, H., Dörr, G. and McLachlan, M.S. 1993. Testing of a Sampling System and Analytical Method for the Determination of Semivolatile Organic Compounds in Ambient Air, *Chemosphere*, 26: 2255-2263
7. Umlauf, G. and Kaupp, H. 1993. A Sampling Device for Semivolatile Organic Compounds in Ambient Air, *Chemosphere*, 27: 1293-1296
8. Swerev, M., Hertel, M., Nordsieck, H., Raudonat, A., and Rommel, W., in Vorbereitung
9. Dörr, G., Hippelein, M., Kaupp, H. and Hutzinger, O. 1994. Belastung der Umwelt in der Umgebung einer thermischen Abfallbehandlungsanlage vor deren Inbetriebnahme. *Ecoinforma*, 3rd Congress on Environmental Information and Environmental Communication, September 5-9, Vienna, Vol. 5, 21-32
10. Pawlik, V., Rommel, W., Swerev, M. 1995. Ansätze und Fähigkeiten von Ausbreitungsmodellen unter besonderer Berücksichtigung der Turbulenzmodellierung, *24. Jahrestagung der GUS*, 22.-24. März, Pfinztal/Karlsruhe

