

## Nanopartikel in der Kehrichtverbrennungsanlage

Tobias Walser und Ludwig Limbach sind die Gewinner des Swiss Aerosol Award 2012

An der 7. Jahresversammlung der Swiss Aerosol Group in Bern wurde am 20.11.2012 der jährlich von der Swiss Lung Foundation gesponserte Swiss Aerosol Award den beiden ETHZ Mitarbeitern für ihre bahnbrechende Arbeit verliehen: Synthetische Nanopartikel werden heute in Megatonnen hergestellt und in eine Vielzahl von Industrie- und Konsumprodukten verarbeitet. Nach dessen Nutzung werden diese Produkte hauptsächlich in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) verbrannt. Bisher wurden noch keine Untersuchungen dazu gemacht, was mit nano-funktionalisierten Produkten am Ende ihres Lebenszyklus geschieht. Werden die synthetischen Nanopartikel aus dem Rauchgas herausgefiltert, bevor sie in die Umwelt gelangen können? Und wie verteilen sich die Nanopartikel auf die verschiedenen Verbrennungsprodukte in der KVA?? Diese Fragen wurden von Tobias Walser und Ludwig Limbach gemeinsam angegangen.

**Ihre Publikation: Persistence of engineered nanoparticles in a municipal solid-waste incineration plant. (Tobias Walser<sup>1</sup>, Ludwig K. Limbach<sup>2</sup>, Robert Brogioli<sup>3</sup>, Esther Erismann<sup>4</sup>, Luca Flamigni<sup>3</sup>, Bodo Hattendorf<sup>3</sup>, Markus Juchli<sup>5</sup>, Frank Krumeich<sup>3</sup>, Christian Ludwig<sup>6</sup>, Karol Prikopsky<sup>4</sup>, Michael Rossier<sup>2</sup>, Dominik Saner<sup>1</sup>, Alfred Sigg<sup>4</sup>, Stefanie Hellweg<sup>1</sup>, Detlef Günther<sup>3</sup> and Wendelin J. Stark<sup>2\*</sup>; Nature Nanotechnology **7**, 520–524 (2012) <sup>1</sup>Institute of Environmental Engineering, ETH Zurich, 8093 Zurich, Switzerland, <sup>2</sup>Functional Materials Laboratory, ETH Zurich, 8093 Zurich, Switzerland, <sup>3</sup>Laboratory of Inorganic Chemistry, ETH Zurich, 8093 Zurich, Switzerland, <sup>4</sup>Hitachi Zosen Inova AG, Hardturmstrasse 127, 8037 Zurich, Switzerland, <sup>5</sup>KEBAG Municipal Waste Treatment Plant of Canton of Solothurn, 4528 Zuchwil, Switzerland, <sup>6</sup>Group of Chemical Processes and Materials, Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen PSI, Switzerland. \*e-mail: [wstark@ethz.ch](mailto:wstark@ethz.ch))**

Das Verhalten von Ultrafeinpartikeln in thermischen Entsorgungsprozessen und die Effizienz der eingesetzten Rauchgasreinigungsanlagen bezüglich Nanopartikeln waren bislang unbekannt. Aufgrund der steigenden Menge an Nanopartikeln im Abfall und der zunehmenden Verbrennung von Müll in Europa wurde unter der Leitung von Dr. Ludwig Limbach und Dr. Tobias Walser das Verhalten von synthetischen Nanopartikeln in Kehrichtverbrennungsanlagen untersucht. Eine Vielzahl an Experten aus Forschung und Industrie, sowie die finanzielle Unterstützung von weiteren Institutionen waren nötig für die erfolgreiche Studie. Für das Experiment wurden Ceriumdioxid Nanopartikel (CeO<sub>2</sub>-NP) gewählt, da diese kommerziell relevant sind, und dennoch eine relativ geringe Hintergrundkonzentration im Abfall aufweisen. Zudem sind sie resistent gegen hohe Temperaturen und gehen kaum Verbindungen mit anderen Elementen ein, was die Nanopartikel ideal für einen „Worst – Case“ Versuch machen. Mit visuellen und physikalischen Verfahren wurde in wässriger Suspension die höchstmögliche Nanopartikelkonzentration ermittelt, bei der keine Agglomeration und Sedimentation eintrat. Danach wurden 10 kg gut charakterisierte CeO<sub>2</sub>-NP innerhalb einer Stunde in den Mülltrichter einer Kehrichtverbrennungsanlage gespritzt. Am nächsten Tag wurden 1 kg CeO<sub>2</sub>-NP direkt in die Verbrennungskammer gesprüht, um zu garantieren, dass die Nanopartikel in die Rauchgasreinigungsanlagen gelangen. Folgende Proben wurden in kurzen zeitlichen Abständen

genommen: Rauchgas nach dem Elektrofilter, Reingas nach dem nassen Wäscher, Abwasser vom Nasswäscher im nassen Wäscher, Schlacke, Schlackenwasser und Flugasche. Zudem wurde während der gesamten Experimentdauer die Nanopartikelkonzentration in der Luft an den Arbeitsplätzen gemessen. Alle Proben der Verbrennungsprodukte wurden unter anderem via ICP-MS und Rasterelektronen- und Rastertransmissionselektronen-Mikroskopie auf Cerium bzw. CeO<sub>2</sub>-NP untersucht.

Dank modernster Analytik konnte in allen Proben Cerium auch in kleinsten Konzentrationen nachgewiesen werden. Der Hauptanteil wurde in den beiden Festfraktionen (Schlacke und Flugasche) gefunden wurde. Die Rauchgasreinigungsanlage filterte die CeO<sub>2</sub>-NP zu über 99.9% aus dem Rauchgas heraus. In der Schlacke wurden die CeO<sub>2</sub>-NP unverändert vorgefunden, was die Problematik von menschengemachten persistenten Stoffen ein weiteres Mal aufzeigt. Die Weiterverarbeitung dieser Verbrennungsprodukte muss deshalb näher untersucht werden, um frühzeitig Massnahmen gegen allfällige Nanopartikelemissionen in der Nachbehandlung von Schlacke und Flugasche zu ergreifen. In der Innenluft der KVA wurde der Grenzwert für die Feinstaubkonzentration bezüglich der Masse wurde zwar nicht überschritten, die gemessenen Werte waren aber im Vergleich zur Hintergrundkonzentration signifikant erhöht. Ein Teil dieses Feinstaubes wurde mit Hilfe von Filtern gesammelt und auf Cerium und CeO<sub>2</sub>-NP untersucht. Cerium konnte dabei in der Innenluft der Probeentnahmestellen nachgewiesen werden, aufgrund der geringen Konzentration jedoch nicht mit dem Elektronenmikroskop visualisiert werden.

Diese Arbeit schliesst wesentliche Wissenslücken in der Forschung zum Verhalten synthetischer Nanopartikel in Verbrennungsanlagen und dient als Grundlage für die Ausarbeitung von umweltingenieurtechnischen Massnahmen in Kehrlichtverbrennungsanlagen. Die Relevanz und herausragende Interdisziplinarität des Projektes mit den resultierenden präzisen Daten dank neusten wissenschaftlichen Methoden wurde durch die Publikation im renommierten Journal „Nature Nanotechnology“ weltweit anerkannt.